

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados
en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac

Presentado por:

Edison Ponce Torres

Heber Segundo Velasque

Para optar el Título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

**“APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN
DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADOS EN EL TRAMO ANTARUMI –
SAN MATEO, TINTAY, AYMARAES – APURÍMAC”**

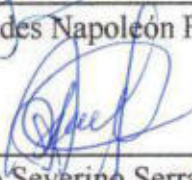
Presentado por **Edison Ponce Torres y Heber Segundo Velasque**, para optar el Título
de: **INGENIERO CIVIL**

Sustentado y aprobado el 06 de Diciembre del 2022 ante el jurado:

Presidente:


Mag. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Primer Miembro:


Mag. Adolfo Severino Serrano Berrio

Segundo Miembro:


Dr. Edgar Zenón Vilca Mansilla

Asesor:


Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios por guiarnos en el camino y por darnos fortaleza para no desfallecer en nuestro objetivo.

De manera especial a nuestros padres por el apoyo desinteresado que nos dieron para hacer realidad este objetivo, que es el fruto del esfuerzo compartido.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por sus conocimientos y por la dedicación de su tiempo en las aulas universitarias.

De los autores.



Dedicatoria

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres y hermanos por todo su amor y por motivarme a seguir hacia adelante.

Edison Ponce Torres

En primer lugar, a Dios, por permitirme llegar a esta etapa de mi vida profesional, por brindarme salud para poder lograr este objetivo tan anhelado.

A mis padres por darme la vida, por todo su apoyo incondicional en mi formación profesional.

Heber Segundo Velasque



Aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados
en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación.....	7
2.1.1 Objetivo general.....	7
2.1.2 Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.1 Hipótesis general.....	7
2.2.2 Hipótesis específicas	7
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1 Antecedentes.....	9
3.1.1 A nivel internacional.....	9
3.1.2 A nivel nacional	10
3.2 Marco teórico.....	12
3.2.1 Estabilización de suelos	12
3.2.2 Estabilización por combinación de suelos	14
3.2.3 Estabilización por sustitución de los suelos	15
3.2.4 Tipos de estabilización de suelos	15
3.2.4.1 Estabilización mecánica	15
3.2.4.2 Estabilización por combinación de suelos	15
3.2.4.3 Estabilización por sustitución de suelos.....	16
3.2.4.4 Estabilización química	16
3.2.5 Trabajos de laboratorio	16
3.2.6 Aditivo Sika Dust Seal PE	17



3.2.6.1	Aplicación	18
3.2.6.2	Ventajas y/o características del suelo después de su aplicación	18
3.2.6.3	Dosificación	19
3.2.6.4	Modo de aplicación	19
3.2.6.5	Recomendaciones de uso	20
3.3	Marco Conceptual.....	20
CAPÍTULO IV.....		23
METODOLOGÍA.....		23
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	23
4.1.1	Tipo de investigación	23
4.1.2	Nivel de investigación.....	23
4.1.3	Diseño de la investigación	23
4.2	Población y muestra	23
4.2.1	Población.....	23
4.2.2	Muestra	23
4.3	Procedimiento de investigación.....	24
4.4	Técnicas e instrumentos.....	24
4.4.1	Técnicas estadísticas	24
4.4.2	Instrumentos estadísticos	25
CAPÍTULO V		27
RESULTADOS Y DISCUSIONES		27
5.1	Estudio del suelo del terreno en estudio	27
5.1.1	Aspectos geodinámicos de la vía en estudio.....	27
5.1.2	Descripción de los trabajos de campo.....	28
5.1.2.1	Excavación de calicatas.....	28
5.1.2.2	Toma de muestra para los ensayos de compactación y densidad.....	29
5.2	Ensayos de laboratorio.....	29
5.2.1	Resultados de los ensayos de laboratorio.....	30
5.2.1.1	Registro de excavaciones	30
5.2.1.2	Análisis granulométrico	42
5.2.1.3	Contenido de humedad.....	43
5.2.1.4	Límites de consistencia (Límites de Atterberg)	43
5.2.1.5	Ensayo Proctor Modificado sin aditivo.....	44
5.2.1.6	Ensayo CBR - MTC E132/NTP 339.145 sin aditivo	48
5.2.1.7	Ensayo CBR - MTC E132/NTP 339.145 + Aditivo Sika Dust Seal	49
5.3	Estudio de tráfico.....	54
5.3.1	Objetivos del estudio de tráfico	55



5.3.2	Datos generales de la vía.....	55
5.3.3	Descripción del estado de la vía.....	57
5.3.4	Análisis de la información y resultados obtenidos.....	58
5.3.5	Conteo de tráfico vehicular clasificado.....	58
5.4	Determinar la dosificación óptima en la aplicación del aditivo Sika Dust Seal.....	59
5.5	Discusión	63
5.5.1	Capacidad de soporte CBR	63
5.5.2	Dosificación óptima en la aplicación del aditivo Sika Dust Seal	64
CAPÍTULO VI.....		66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		66
6.1	Conclusiones.....	66
6.2	Recomendaciones	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		68
ANEXOS		70
ANEXO 1: Panel fotográfico de trabajos en campo.....		71
ANEXO 2: Panel fotográfico de trabajos en laboratorio.....		75
ANEXO 3: Resultados.....		81
ANEXO 4: Certificados de calibración de equipos		128



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Cuadro de operacionalización de variables	8
Tabla 2 — Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso	13
Tabla 3 — Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador	14
Tabla 4 — Cuadro de ensayos de laboratorio.....	17
Tabla 5 — Clasificación del suelo y la suspensión del polvo	19
Tabla 6 — Ensayos de clasificación de suelos y compactación.....	29
Tabla 7 — Coordenadas geográficas de las calicatas	30
Tabla 8 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 01.....	31
Tabla 9 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 02.....	32
Tabla 10 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 03.....	33
Tabla 11 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 04.....	34
Tabla 12 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 05.....	35
Tabla 13 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 06.....	36
Tabla 14 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 07.....	37
Tabla 15 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C – 08.....	38
Tabla 16 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 09.....	39
Tabla 17 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 10.....	40
Tabla 18 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 11.....	41
Tabla 19 — Resultado de granulometría	42
Tabla 20 — Contenido de Humedad	43
Tabla 21 — Resultado de Límites de Consistencia	43
Tabla 22 — Determinación procedimiento de ensayo Proctor Modificado	44
Tabla 23 — Resumen de ensayo Proctor Modificado sin aditivo	45
Tabla 24 — Ensayo CBR para 0.1” de penetración	48
Tabla 25 — Ensayo CBR para 0.2” de penetración	48
Tabla 26 — Resumen dosificación de agua + aditivo para el ensayo de CBR	52
Tabla 27 — Resumen de ensayo CBR + aditivo para 0.1" de penetración	53
Tabla 28 — Resumen de CBR al 95% y 100% de la MDS para 0.1" de penetración.....	54
Tabla 29 — Coordenadas UTM	56
Tabla 30 — Acceso a la zona de estudio de la investigación.....	56
Tabla 31 — Conteo del tráfico vehicular en ambos sentidos	58
Tabla 32 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 01.....	59



Tabla 33 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 04.....	60
Tabla 34 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 07.....	61
Tabla 35 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 10.....	62
Tabla 36 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 01.....	64



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Estabilización por combinación de suelos	15
Figura 2 — Polímero Sika Dust Seal	18
Figura 3 — Vista de la Calicata C - 01	31
Figura 4 — Vista de la Calicata C - 02.....	32
Figura 5 — Vista de la Calicata C - 03	33
Figura 6 — Vista de la Calicata C - 04.....	34
Figura 7 — Vista de la Calicata C - 05.....	35
Figura 8 — Vista de la Calicata C - 06.....	36
Figura 9 — Vista de la Calicata C - 07	37
Figura 10 — Vista de la Calicata C - 08	38
Figura 11 — Vista de la Calicata C - 09.....	39
Figura 12 — Vista de la Calicata C - 10.....	40
Figura 13 — Vista de la Calicata C - 11	41
Figura 14 — Curva de Compactación C - 01	45
Figura 15 — Curva de Compactación C - 04	46
Figura 16 — Curva de Compactación C - 07	47
Figura 17 — Curva de Compactación C - 10	47
Figura 18 — Macro localización (ubicación del distrito de Tintay)	56
Figura 19 — Microlocalización centro poblado de San Mateo.....	57
Figura 20 — Resumen de conteo del Tráfico Vehicular en la Estación 1 – Antarumi	59
Figura 21 — Dosificación optima C - 01	60
Figura 22 — Dosificación optima C - 04	61
Figura 23 — Dosificación optima C - 07	62
Figura 24 — Dosificación optima C - 10	63
Figura 25 — CBR de la capa superficial como parámetro.....	64
Figura 26 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 01 – C 01.....	81
Figura 27 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 02	82
Figura 28 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 03	83
Figura 29 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 04 – C 04.....	84
Figura 30 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 05	85
Figura 31 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 06	86
Figura 32 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 07 – C 07.....	87



Figura 33 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 08	88
Figura 34 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 09	89
Figura 35 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 10 – C 10.....	90
Figura 36 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 11	91
Figura 37 — Resultados del ensayo de proctor modificado sin aditivo en la C - 01	92
Figura 38 — Resultados del ensayo de proctor modificado sin aditivo en la C - 04	93
Figura 39 — Resultados del ensayo de proctor modificado sin aditivo en la C - 07	94
Figura 40 — Resultados del ensayo de proctor modificado sin aditivo en la C - 10.....	95
Figura 41 — Resultados del ensayo de CBR sin aditivo – Calicata 01	96
Figura 42 — Resultados del ensayo de CBR sin aditivo – Calicata 04	98
Figura 43 — Resultados del ensayo de CBR sin aditivo – Calicata 07	100
Figura 44 — Resultados del ensayo de CBR sin aditivo – Calicata 10	102
Figura 45 — Resultados del ensayo de CBR + 5L/m ³ de aditivo – Calicata 01	104
Figura 46 — Resultados del ensayo de CBR + 5L/m ³ de aditivo – Calicata 04.....	106
Figura 47 — Resultados del ensayo de CBR + 5L/m ³ de aditivo – Calicata 07	108
Figura 48 — Resultados del ensayo de CBR + 5L/m ³ de aditivo – Calicata 10.....	110
Figura 49 — Resultados del ensayo de CBR + 10L/m ³ de aditivo – Calicata 01	112
Figura 50 — Resultados del ensayo de CBR + 10L/m ³ de aditivo – Calicata 04.....	114
Figura 51 — Resultados del ensayo de CBR + 10L/m ³ de aditivo – Calicata 07	116
Figura 52 — Resultados del ensayo de CBR + 10L/m ³ de aditivo – Calicata 10.....	118
Figura 53 — Resultados del ensayo de CBR + 15L/m ³ de aditivo – Calicata 01	120
Figura 54 — Resultados del ensayo de CBR + 15L/m ³ de aditivo – Calicata 04.....	122
Figura 55 — Resultados del ensayo de CBR + 15L/m ³ de aditivo – Calicata 07	124
Figura 56 — Resultados del ensayo de CBR + 15L/m ³ de aditivo – Calicata 10.....	126



INTRODUCCIÓN

Un factor muy importante en el crecimiento de un país a nivel mundial, en el aspecto social y económico, es debido especialmente al desarrollo de sus vías de comunicación. Las vías de comunicación permiten que las ciudades estén conectadas y para ello es esencial contar con estructuras de pavimento que soporten el desgaste y prolonguen la durabilidad, ampliando su vida útil. “Tradicionalmente la subrasante de baja calidad está conformada por suelos limo-arcillosos que presenta una baja resistencia, lo cual es un problema común en las construcciones de pavimentos, ya que estos son sustituidos por un material de préstamo que tenga una mayor resistencia. Causando así mayores gastos como en la utilización de maquinarias, obtención del material (material granular) y eliminación del desmonte” (CCOILLO, 2017).

“Los suelos pueden tener diferente tipo de estabilización para aumentar su fuerza y durabilidad, también para evitar el polvo en trochas o erosión. En pocas palabras la estabilización de suelos es el resultado de la creación de un material del suelo que permanecerá en su lugar bajo las condiciones de su diseño” (SUÁREZ , 2017).

En el presente trabajo de investigación se presenta cinco secciones:

En el primer capítulo referente a los datos generales, como el título del proyecto, nombre de los ejecutores, así como el asesor de tesis, línea de investigación, y el lugar donde se va a implementar el trabajo de investigación.

En el segundo capítulo formulamos el problema general como también los problemas específicos seguidamente se desarrolla los objetivos de la presente investigación así mismo se describe la justificación y delimitación del proyecto.

En el tercer capítulo se realizó referente al marco teórico donde iniciamos con la descripción de los antecedentes, donde se ha recopilado las conclusiones de algunas tesis nacionales y extranjeros.

En el cuarto capítulo se desarrolló el diseño metodológico que contempla la operacionalización de variables y la formulación de hipótesis.

El quinto capítulo se detalla la administración de los proyectos y las referencias bibliográficas.



RESUMEN

La presente investigación titulada “Aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac”, tiene como problemática general la deficiencia de la infraestructura vial a nivel nacional, por ende la necesidad de la existencia de vías de comunicación que promuevan el desarrollo y/o integración entre los pueblos, anexos, distritos, provincias y regiones, así también se genere el dinamismo de la economía nacional. La presente tesis tiene como objetivo determinar el grado de influencia de la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados, para el cual se utilizó un tipo de investigación aplicada de nivel experimental en función a lo que se busca con la investigación y las relaciones causa efecto que se darán entre las variables de estudio, la experimentación se dio considerando el *Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2013*, en donde nos indica la cantidad de calicatas que se tienen que realizar para cada ensayo dependiendo del tipo de carretera para nuestro caso una carretera con un $IMDA \leq 200$ veh/día, es por ello que se realizó 01 calicata por km y de forma alternada, y para la realización de los ensayos de proctor modificado y CBR nos indica cada 3 km. A partir del ensayo de proctor modificado sin aditivo donde se calculó la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad el cual nos sirvió como base para realizar el ensayo de CBR. Teniendo los resultados del ensayo de proctor modificado se procedió el aditivo Sika Dust Seal en proporciones diferentes tomando como referencia datos que brindan la ficha técnica del producto, para este caso son 15.92cm^3 , 31.85cm^3 y 47.77cm^3 de aditivo. De acuerdo a los resultados de la investigación se concluye que existe un incremento porcentual significativo en la capacidad de soporte del suelo CBR (al 95% de densidad máxima seca para 0.1” de penetración) favorable en las 04 calicatas con la aplicación del aditivo respecto al CBR inicial sin aditivo y en cuanto a la dosificación óptima del aditivo podemos afirmar que la dosificación de 31.85cm^3 de aditivo dio resultados favorables en su aplicación teniendo incrementos en la capacidad de soporte (al 95% de la densidad máxima seca para 0.1” de penetración) en la calicata 01, calicata 04, calicata 07 y calicata 10, en un 88.96%, 118.97%, 37.80% y 94.55% respectivamente.

Palabras clave: Aditivo, calicatas, CBR, dosificación óptima, proctor modificado.



ABSTRACT

The present investigation entitled "Application of the Sika Dust Seal additive in the stabilization of soils for unpaved roads in the Antarami - San Mateo, Tintay, Aymaraes - Apurímac section", has as a general problem the deficiency of the road infrastructure at the national level, for hence the need for the existence of communication channels that promote development and/or integration between towns, annexes, districts, provinces and regions, thus also generating the dynamism of the national economy. The objective of this thesis is to determine the degree of influence of the application of the Sika Dust Seal additive in the stabilization of soils for unpaved roads, for which a type of experimental applied research was used based on what is sought with the investigation and the cause-effect relationships that will occur between the study variables, the experimentation was given considering the Manual of Roads, soils, geology, geotechnics and pavements - soils and pavements section, 2013, where it indicates the number of test pits that they have to be carried out for each test depending on the type of road, in our case a road with an $IMDA \leq 200$ veh/day, which is why 01 test pit per km was carried out alternately, and for the proctor tests modified and CBR tells us every 3 km. From the modified proctor test without additive where the maximum dry density and the optimum moisture content were calculated, which served as the basis for carrying out the CBR test. Having the results of the modified proctor test, the Sika Dust Seal additive was used in different proportions, taking as reference data provided by the product's technical data sheet, in this case they are 15.92cm³, 31.85cm³ and 47.77cm³ of additive. According to the results of the investigation, it is concluded that there is a significant percentage increase in the support capacity of the CBR soil (at 95% of maximum dry density for 0.1" of penetration) favorable in the 04 pits with the application of the additive with respect to the initial CBR without additive and regarding the optimal dosage of the additive we can affirm that the dosage of 31.85cm³ of additive gave favorable results in its application having increases in the support capacity (at 95% of the maximum dry density for 0.1" of penetration) in pit 01, pit 04, pit 07 and pit 10, in 88.96%, 118.97%, 37.80% and 94.55% respectively.

Keywords: Additive, pits, CBR, optimal dosage, modified proctor.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el marco mundial en la actualidad existe la necesidad de que existan más vías de comunicación que generen el desarrollo y/o integración entre los pueblos, anexos, distritos, provincias y regiones y para poder subsanar esta necesidad se tienen que ejecutar proyectos de obras viales, siendo estas de diferentes magnitudes con normativas y parámetros ya determinados. Desde la fase de formulación y durante la fase de ejecución de estos proyectos se presentan diferentes problemas, uno de ellos por ejemplo con respecto a los diferentes tipos de suelo existentes, principalmente en relación a sus propiedades físico – mecánicas, dando lugar a la búsqueda de soluciones en este caso frente a la inestabilidad que puedan presentar. Así mismo en nuestro país el concepto de estabilización de suelos tiene sus inicios a mediados de la década final del siglo XX, gracias a la utilización de las modernas estabilizadoras.

El Perú en la actualidad es un país donde existe una variedad de problemas de índole político, económico, social, etc. Y uno de ellos que influye dentro del rubro social-económico es el déficit que se tiene en el desarrollo de nuevas infraestructuras viales. Se sabe que existe un gran porcentaje de vías de comunicación en el interior del país que a la fecha son caminos no pavimentados y según datos estadísticos estos representan un porcentaje considerable. En la identificación de las causales del porque estas vías no son pavimentadas encontramos lo siguiente: Según normativas vigentes en nuestro país uno de los motivos del porque algunas vías de comunicación no son pavimentadas y/o asfaltadas, es por que poseen un tráfico relativamente bajo, es decir, los datos de Índice Medio Diario Anual (IMDA) están por debajo de lo que exige la normativa peruana para ser considerada como una necesidad inminente, tomando en consideración esta norma hace que sea económicamente inviable su pavimentación. Pero, sin embargo, la disposición de dichas vías es fundamental para el desarrollo socioeconómico del Perú, debido a que facilitan el acceso a zonas urbanas y rurales, y a centros de explotación de la industria agrícola, forestal y minera. Otro problema que se genera a raíz de las vías no pavimentadas son las afecciones respiratorias que se generan debido a la emisión de polvos por el paso de vehículos.

Por ello, urge la necesidad de incrementar más vías de comunicación para asegurar la transitabilidad en condiciones mínimamente aceptables durante tiempos prolongados. Así mismo “la estabilización de suelos tiende a mejorar propiedades físicas, mecánicas y de



resistencia, con permanencia en el tiempo. El diseño de una estabilización con aditivo incluye clasificar el suelo, determinar el tipo y la cantidad de estabilizante y el procedimiento para efectuar la estabilización. El método de diseño depende del uso que se pretenda dar al suelo estabilizado” (ALARCÓN, y otros, 2020), de la misma manera la ejecución de todos estos trabajos genera una inversión en la economía del país, principalmente si la vía considerada es extensa. Bajo este contexto nace la necesidad de investigar y plantear una nueva tecnología, es por ello que se optó hacer uso del aditivo Sika Dust Seal como estabilizador de suelos en vías no pavimentados.

Particularmente en el distrito de Tintay las situaciones que se han incrementado a la actualidad son la concentración de material particulado en el ambiente y el flujo vehicular propio del crecimiento poblacional. Todos estos impactos afectan al aire y al suelo como componentes vinculados y como receptores secundarios a la flora, fauna, la salud y bienestar de los habitantes. El aumento del material particulado durante el proceso de construcción se genera por factores como la remoción, el transporte, descarga y utilización de material suelto proveniente de las áreas de emplazamiento y canteras de la minería. El tránsito de vehículos es también otro de los orígenes de la generación de material particulado, esto ocurre en el traslado que realizan los vehículos tanto del personal como de los equipos, dichas actividades producen suspensión de partículas y el deterioro de la calzada.

En ese entender se plantea las siguientes interrogantes.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera influye la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera la capacidad de soporte (CBR) se relaciona con la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac?
- ¿Cuál es la dosificación óptima en la aplicación del aditivo Sika Dust Seal para el mejoramiento de vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac?



1.2.3 Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación se justifica técnicamente en la búsqueda de nuevas técnicas innovadoras haciendo uso del aditivo Sika Dust Seal para el mejoramiento en la estabilización de suelos. La aplicación de este aditivo tiene como intención mejorar las propiedades de los suelos, por ello es una excelente alternativa de solución en la estabilización de la base de la trocha carrozable en el área de estudio.

De la misma forma esta técnica se justifica económicamente debido a que los costos de ejecución y mantenimiento del proyecto son más rentables, en comparación con realizar mantenimientos periódicos con maquinaria pesada.

Por otro lado, también se busca determinar el impacto que se generaría con la utilización del aditivo Sika Dust Seal en vías no pavimentadas, para así de esa manera resolver problemas relacionados con la contaminación, producto de la emisión de polvos, erosión del suelo y formación de charcos.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar el grado de influencia de la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la relación de la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la capacidad de soporte (CBR) de las vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.
- Determinar la dosificación óptima en la aplicación del aditivo Sika Dust Seal para el mejoramiento de vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

La aplicación del aditivo Sika Dust Seal influye en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.

2.2.2 Hipótesis específicas

- La aplicación del aditivo Sika Dust Seal mejora la capacidad de soporte (CBR) en las vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.
- Con los ensayos de materiales en laboratorio se obtiene la dosificación óptima para la aplicación aditivo Sika Dust Seal en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.



2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente X: Aplicación del aditivo Sika Dust Seal	Material Estabilizador	<ul style="list-style-type: none"> Sika Dust Seal 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de aceptación
Dependiente Y: Estabilización de suelos para vías no pavimentados.	Capacidad de Soporte	<ul style="list-style-type: none"> CBR 	<ul style="list-style-type: none"> Nominal (carga unitaria del ensayo / carga unitaria patrón) * 100 %
	Dosificación Optima	<ul style="list-style-type: none"> Muestras Ensayos 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de aceptación

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 A nivel internacional

a) Nieto Vega (2019) en su tesis denominado “Evaluación del uso de aditivos químicos no tradicionales como estabilizadores de suelos limosos para caminos productivos de bajo volumen de tránsito”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica Federico Santa María de Chile, siendo su objetivo general: «Determinar qué tan efectivo son los aditivos B y P como estabilizadores mecánicos de superficies tipo limosas». Al culminar la tesis se concluye que: «el uso de los aditivos sólidos habituales como son Cal Viva y Cemento Portland, este llega a incrementar la capacidad de resistencia de las superficies limosas que fueron sometidos a estudio. Así mismo, se realizó la adición de los aditivos no tradicionales B y P, para evaluar cuáles son los efectos que produce cuando se aplica al combinar con la Cal Viva y el Cemento Portland» (NIETO, 2019).

b) Roldan de Paz (2010) en su tesis denominada “Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala, plantea:

Como objetivo general: «Desarrollar de una manera confiable y económica para impedir que el suelo (bases–subbase) pierda humedad, llegando así a una estabilización correcta, a fin de alcanzar un suelo que no presente variación en sus propiedades al disipar humedad» (ROLDÁN DE PAZ, 2010).

En el trabajo de investigación menciona que «la gran parte de las superficies utilizado en bases y sub-bases disipan humedad, generando de tal manera cambios en las propiedades físicas y mecánicas, es por ello que es muy importante intensificarlas; debido a la existencia de climas cálidos extremos o suelos no aptos para la construcción de vías. Desarrollando una práctica innovadora y un esquema de edificación adecuado se puede controlar el comportamiento del suelo, llegando a estabilizarlo y evitando que se disipe rápidamente su humedad, así como también no disminuya su resistencia al corte» (ROLDÁN DE PAZ, 2010).



Finalmente se concluye que: «La aplicación de cloruro de sodio es una práctica que permite la disminución de la evaporación en los suelos, debido a que retiene la humedad que la rodea, permitiendo la aparición de una nueva capa en la parte de encima de las capas compactadas con sal, por ello imposibilita que la humedad se evapore fácilmente y esto permite mejorar la densificación» (ROLDÁN DE PAZ, 2010).

- c) Valle Áreas (2010) en su tesis denominado “Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos”, para optar el Grado Académico de Magister en la Universidad Politécnica de Madrid plantea:

Como objetivo general: «analizar terrenos que presentan sulfatos solubles y yesos con la finalidad de darle un aprovechamiento máximo a estas características en la construcción de terraplenes y fondos de desmontes utilizando métodos de estabilización adecuadas, se estudiarán 4 técnicas experimentadas (desarrolladas en Texas) asimismo un producto comercial RBI-81. sabiendo que la problemática de presencia de sulfatos en el suelo, no es posible en la construcción o ampliación de vías, esto genera deformaciones, hinchamientos y ahuellamientos. Para brindar una solución se buscará técnicas óptimas de estabilización que no perjudiquen el medioambiente, así como también que los costos de mantenimiento y restauración no sean elevados» (VALLE, 2010).

Al culminar el trabajo de investigación se concluye que: «las cuatro técnicas estudiadas si cumplen, pero el que ofrece mayor efectividad en la estabilización es el cemento tipo V, donde todas sus propiedades de mejoras se deben al incremento de iones, floculación y más» (VALLE, 2010).

3.1.2 A nivel nacional

- a) Florián Tirado y Jara Gamarra (2021) en su tesis denominado “Influencia del porcentaje en la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente sobre la estabilización de la mezcla suelo – sedimento para uso en vías, Trujillo, 2021”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Trujillo, plantea:

Como objetivo general: «determinar la influencia de la adición porcentual de ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente sobre la estabilización de la mezcla suelo – sedimento para su uso en vías de



Trujillo”, además de caracterizar físicamente la muestra de suelo y el sedimento de clarificación de aguas de riego de acuerdo a los protocolos normativos del MTC» (FLORIAN, y otros, 2021)

Finalmente concluye que «adicionando el 10% ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente con Hidróxido de Potasio en una concentración de 10 M, sobre la mezcla óptima de 90% suelo + 10% sedimento se presentaron los mejores resultados, con una densidad seca máxima de 2.323 gr/cm³, un índice de soporte CBR de 54.0 y una resistencia a la compresión no confinada 27.88 kg/cm²; este incremento de las propiedades resistentes se debió a las reacciones puzolánicas entre la sílice presente en la CBCA y los iones de potasio del K(OH)» (FLORIAN, y otros, 2021).

- b) Torres Mora (2019) en su tesis denominada “Estabilización de suelos cohesivos utilizando escoria de cobre para su uso como subrasante mejorada”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería. Plantea:

Como objetivo general: «1) Determinar el porcentaje óptimo de escoria de cobre para estabilizar una superficie cohesiva arcillosa para su utilización como capa de subrasante de un pavimento. 2) Realizar ensayos en laboratorio para conseguir una adecuada proporción de escoria de cobre con un tipo de suelo cohesivo que verifique el cumplimiento de las especificaciones técnicas para su uso como capa subrasante» (TORRES, 2019).

Finalmente se llega a la siguiente conclusión: «los resultados de los ensayos de CBR arrojan que se aumenta en razón al aumento de la escoria de cobre en las mezclas, por lo tanto, se puede concluir que su uso como estabilizador de suelo cohesivo es viable y se puede utilizar para el mejoramiento de la subrasante» (TORRES, 2019).

- c) De la Cruz Gutiérrez y Salcedo Rojas (2016) en su tesis denominada “Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junín”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de los Andes, plantea:



Como objetivo general: «verificar cómo afecta el aditivo Eco Road 2000 en las características del suelo cohesivo de Palian (anexo) - Huancayo – Junín» (DE LA CRUZ, y otros, 2016).

En el planteamiento del problema se precisa que «en Huancayo se aumentó el mejoramiento de sus características en las vías, pavimentos rígidos y flexibles conllevando a usar desmedidamente materiales y movimientos de tierra para conformar la vía, generando gastos en maquinarias, desmonte, etc. Viéndose las empresas en la necesidad de crear aditivos para el mejoramiento de las propiedades de los suelos cohesivos» (DE LA CRUZ, y otros, 2016).

Finalmente se concluye que: «Eco Road 2000 mostró relevantes cambios en las características del suelo natural, deduciendo que un suelo que posee más finos funcionaría mejor con el aditivo en mención» (DE LA CRUZ, y otros, 2016).

3.2 Marco teórico

3.2.1 Estabilización de suelos

Es el conjunto, de procesos químicos y físicos cuyo objetivo es de modificar o alterar las propiedades de los suelos y hacer uso adecuado en la ingeniería, alcanzando que la mezcla (estabilizante + material) sea el indicado.

También se puede decir que la estabilización del suelo mejora la durabilidad y la resistencia, de tal manera este pueda soportar las condiciones climáticas fuertes, existen estabilizaciones que puede ser granulométrica o mecánica, los cuales pueden estar conformadas por la mezcla de dos o más tipos de suelos de diferentes características, con el propósito de tener un suelo de mejores propiedades como son la plasticidad, impermeabilidad o permeabilidad y la granulometría.

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos indica que «con la estabilización mecánica de suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo» (MTC, 2014).



Tabla 2 — Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso

Ensayo	Norma INV	Requisito	Resultado	Cumple
Desgaste en máquina de los Ángeles (%)	218	Máximo 50	40	Sí
Solidez en sulfato de magnesio (%)	220	Máximo 18	4.7	Sí
Límite líquido (%)	125	Máximo 40	35	Sí
Límite plástico (%)	125	...	27	...
Índice de plasticidad (%)	125 - 126	4 a 9	8	Sí
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznableles (%)	211	Máximo 2	5.4	No
CBR (%): asociado al 90% de la densidad seca máxima y sometido a 4 días de inmersión	148	≥ 15	30	Sí

Fuente — <https://www.scielo.cl/scielo.php>.

Según (BRAJA, 2015), «la estabilización mecánica contempla metodologías que mejoran las propiedades de los suelos seleccionados sin la adición de productos u otras energías de unión de partículas como lo son: vibro flotación, precarga, compactación dinámica, drenes de arena, entre otros».

Así mismo (BRAJA, 2015), indica que «la falta de resistencia ocurre sobre todo en suelos orgánicos, ya que la presencia de material orgánico no permite la buena estabilización de estos suelos».

Según el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos la estabilización de suelos se define como «el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos» (MTC, 2014).



Tabla 3 — Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador

ÁREA	CLASE DEL SUELO		TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO	RESTRICCIÓN EN LL Y IP DEL SUELO	RESTRICCIÓN EN EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA 200	OBSERVACIONES
2A	GW ó GP	1	Asfalto			Solamente material bien graduado. El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4.
		2	Cemento Portland			
		3	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW - GM ó GP-GM ó GW-GC ó GP -GC	1	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado. El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4.
		2	Cemento Portland	IP no excede de 30		
		3	Cal	IP no menor de 12		
		4	Cal - Cemento - Cenizas - Volantes	IP no excede de 25		
2C	GM ó GC ó GM-GC	1	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado. El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4.
		2	Cemento Portland	(b)	No debe exceder el 30% en peso	
		3	Cal	IP no menor de 12		
		4	Cal-Cemento - Cenizas	IP no excede de 25		
3	CH ó CL ó MH ó ML ó OH ó OL ó ML-CL	1	Cemento Portland	LL no menor de 40, IP no menor de 20		
		2	Cal	IP no menor de 12		

Fuente — Ministerio de Transportes, 2014

3.2.2 Estabilización por combinación de suelos

Para la construcción de la sub rasante con buenos materiales, puede haber dos casos, el primero es que «la capa se construya sobre el suelo natural existente y el segundo es que éste deba ser excavado anticipadamente y ser reemplazado por el nuevo material. Para caso uno, el suelo natural se debe escarificar, conformar y compactar hasta alcanzar una densidad óptima, en una profundidad de quince centímetros (15 cm)».





Figura 1 — Estabilización por combinación de suelos

Fuente — <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/>

3.2.3 Estabilización por sustitución de los suelos

Para ejecutar la construcción de la sub rasante con materiales óptimos, puede haber dos casos, en el primer caso que «la capa se construya sobre el suelo natural o que éste deba ser excavado previamente para luego ser reemplazado por el material de adición, en este caso el suelo natural se debe escarificar, conformar y compactar hasta alcanzar una densidad óptima, en una profundidad aproximada de quince centímetros (15 cm)».

En el segundo caso, «el mejoramiento se ejecuta con material añadido, lo que significa que se va realizar la remoción del suelo natural, en donde el espesor depende del material que se requiera reemplazar».

3.2.4 Tipos de estabilización de suelos

«Los suelos representan un material terroso conformado desde un relleno de desperdicio hasta areniscas cementadas o lutitas suaves. Además, el agua juega un papel importante en el comportamiento de este» (JUÁREZ, y otros, 2005).

3.2.4.1 Estabilización mecánica

Este tipo de estabilización utiliza la compactación para lograr reducir el volumen de vacíos presentes en el suelo sin cambiar su estructura y composición.

3.2.4.2 Estabilización por combinación de suelos

Consiste en la combinación o mezcla del suelo existente con materiales de préstamo. Por lo cual se escarificará a una profundidad de 15 cm y luego se colocará el material de préstamo. Ambos materiales se humedecerán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación. Por consiguiente, se

mezclan ambos materiales, se conformará y compactará hasta que cumplan la densidad y espesores de nivel subrasante en el proyecto.

3.2.4.3 Estabilización por sustitución de suelos

Primer caso; el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad hasta una profundidad de 15 cm. estos se humedecerán hasta la humedad apropiada de compactación.

Segundo caso: consiste en la remoción total existente de acuerdo al espesor de reemplazo, una vez de excavar al espesor establecido, se conforma y se compacta.

3.2.4.4 Estabilización química

- Suelos estabilizados con cal: El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. Uno de los efectos más importantes es que disminuye la plasticidad. También aumenta la humedad óptima de compactación. lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos. Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina de cierta plasticidad.
- Suelos estabilizados con cemento: se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla.
- Suelos estabilizados con escoria: Esta estabilización se realiza con el fin de evitar la explotación de canteras nuevas; al no requerir que los agregados sean procesados, se genera una reducción en cuanto al consumo de energía y combustibles, reduciendo la emisión de dióxido de carbono al medio ambiente y manteniendo en condiciones buenas el ambiente.

3.2.5 Trabajos de laboratorio

Los trabajos que se realicen en el laboratorio nos permitirán evaluar las propiedades y características de los suelos a través de los ensayos de acuerdo a la norma. Las muestras de suelos, obtenidas de cada una de las exploraciones, serán sometidas a



ensayos tomando como referencia las recomendaciones que indica la American Society of Testing and Materials (ASTM).

Tabla 4 — Cuadro de ensayos de laboratorio

ENSAYO	USO	AASHTO	ASTM	PROPÓSITO
Análisis Granulométrico por tamizado	clasificación	T88	D422	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Límite líquido	clasificación	T89	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico
Límite plástico	clasificación	T90	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido
Índice plástico	clasificación	T90	D4318	Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico
Equivalente de Arena	Calidad Agregado	T176	D2419	Determinación rápida de la cantidad de finos en los agregados
Abrasión (los Ángeles)	Calidad Agregado	T96	C131 C535	Cuantificación de la dureza o resistencia al impacto de los agregados gruesos.
Proctor modificado	Diseño de espesores	T180	D1557	Determinación del Optimo Contenido de Humedad y de la máxima densidad seca del material
CBR	Diseño de espesores	T193	D1883	Determina la capacidad de soporte del suelo, el cual permite inferir el módulo resiliente del suelo

Fuente – MTC Manual de Ensayos de Materiales de Carreteras

3.2.6 Aditivo Sika Dust Seal

Según (SIKA, 2020) indica que «es un compuesto a base de biopolímeros de origen natural con excelentes propiedades aglomerantes destinadas al control de polvo en caminos no pavimentados y otras áreas sujetas a emisión de material particulado».

Así mismo (SIKA, 2020) menciona que «Sika Dust Seal posee además propiedades para estabilizar suelos produciendo una superficie resistente y durable, también puede ser usado en taludes y como protección contra la erosión en zonas rurales y desérticas».





Figura 2 — Polímero Sika Dust Seal

Fuente — <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/>

3.2.6.1 Aplicación

Según (SIKA, 2020) manifiesta que el aditivo tiene una amplia gama de aplicaciones como «aglomerante de polvo, pudiendo ser usado en: Caminos de tierra y grava, mejoramiento de caminos no pavimentados tanto rurales (suelos) como desérticos (arenas), taludes y pilas de almacenamiento y transporte de material en camiones o ferrocarril».

3.2.6.2 Ventajas y/o características del suelo después de su aplicación

Las características que presenta el suelo después de su aplicación del aditivo según (SIKA, 2020) son: a) Forma una superficie firme, esto mejora la tracción y seguridad de los vehículos que transitan; b) Elimina las partículas en suspensión, mejorando así la visibilidad al momento de conducir y disminuye las emisiones de material particulado altamente nocivo para las personas y la comunidad; c) Incrementa el rendimiento del agua y disminuye la frecuencia de aplicación, de tal manera se optimiza el uso del agua y la demanda de horas máquina, combustible y personal para el control de polvo en las vías; d) Mejora la capacidad de resistencia o soporte de todo tipo de suelos ya sea en climas secos o húmedos, disminuyendo el desgaste de neumáticos de los vehículos; e) Disminuye la permeabilidad de la carretera así se consigue que se reduzca la formación de pozas y barro, para mejorar la seguridad en la conducción y disminuir los costos de mantenimiento; f) Se aplica de manera fácil y económica con los mismos equipos usados en el mantenimiento de caminos.

3.2.6.3 Dosificación

«La cantidad a usar del aditivo Sika Dust Seal va a depender del tipo de aplicación requerida y del tipo de suelo» (SIKA, 2020).

La siguiente tabla es una guía general:

Tabla 5 — Clasificación del suelo y la suspensión del polvo

Clasificación del Suelo	Primera aplicación (L/m ²)	Aplicación de mantención (L/m ²)
Supresión de polvo plástico	0.25 – 0.50	0.15 – 0.25
Supresión de polvo levemente plástico o no plástico	0.50 – 0.80	0.25 – 0.40
Principalmente estabilización de suelo	0.80 – 1.60	0.30 – 0.50

Fuente — (SIKA, 2020).

3.2.6.4 Modo de aplicación

El modo de aplicación del aditivo Sika Dust Seal es de la siguiente manera:

1. Remover las irregularidades y baches de la vía, poniendo el material de la superficie a la profundidad deseada de penetración. En algunas vías puede trabajarse de manera más óptima si se realiza una aplicación de Sika Dust Seal anterior a la primera nivelación (SIKA, 2020).
2. Haciendo uso de una motoniveladora, la mayor parte del material suelto se elimina creando filas a ambos lados de la carretera para evitar la pérdida de Sika Dust Seal y mejorar la penetración uniforme en la superficie (SIKA, 2020).
3. Inmediatamente siguiendo los pasos anteriores, comenzamos a aplicar Sika Dust Seal rociando desde un camión cisterna debidamente preparado para operar. La velocidad de aplicación se puede ajustar mediante la velocidad de la bomba o la velocidad del camión mediante un dispositivo de alimentación por gravedad. Sika Dust Seal debe mezclarse con el material de la superficie. Para estabilizar los 70-80 mm superiores de la

vía, se sigue la siguiente secuencia para asegurar una mezcla adecuada (SIKA, 2020):

- a) Rocié entre las hileras 1/3 a 1/2 del total de Sika Dust Seal.
 - b) Transportar las hileras al centro de la vía, expandiéndolas de forma uniforme.
4. Terminado la nivelación, se aplica el aditivo Sika Dust Seal para revestir toda la superficie de contacto. Aplique una cantidad específica de producto si la superficie esta húmeda para evitar la plasticidad de la superficie (SIKA, 2020).
 5. La etapa final es la compactación para lo cual si se quieren dar resultados óptimos se deben usar rodillos de neumáticos. La compactación debe realizarse antes de que se seque el aditivo Sika Dust Seal, es decir, cuando el material de la carretera presente cierta plasticidad (SIKA, 2020).

3.2.6.5 Recomendaciones de uso

Según (SIKA, 2020) recomienda aplicar Sika Dust Seal cuando «la superficie del suelo está ligeramente húmeda. Bajo condiciones normales, mejores resultados se obtienen cuando la superficie del camino es levemente humedecida con 0,5 a 1,0 Litro / m² de agua, antes de la aplicación de Sika Dust Seal».

3.3 Marco Conceptual

a) Estabilización de suelos

«Mejora o controla su estabilidad volumétrica, aumenta su resistencia y el módulo esfuerzo-deformación, mejora su permeabilidad y durabilidad y reduce su susceptibilidad al agua. Se requieren ensayos de laboratorio y pruebas de campo para evaluar el rendimiento de la técnica» (YEPES, 2014).

b) Aditivo

«Producto químico o mineral que modifica una o más propiedades de un material o mezcla de éstas» (MTC, 2013).



c) CRB (California Bearing Ratio)

«Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo» (MTC, 2013).

d) Mantenimiento vial

«Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica» (MTC, 2013).

e) Mantenimiento periódico

«Conjunto de actividades programables cada cierto periodo, que se realizan en las vías para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a: i) reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello, ii) reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento, iii) reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización, iv) reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y v) reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura» (MTC, 2013).

f) Mantenimiento rutinario

«Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes» (MTC, 2013).

g) Resistencia a compresión

«Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo» (MTC, 2013).

h) Transitabilidad

«Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo» (MTC, 2013).



i) Tratamiento superficial

«Aplicación de una o más capas conformadas por riegos asfálticos que pueden incluir aditivos y agregados cuyas características son definidas según especificaciones técnicas. Por lo general son de una, dos y tres capas (monocapa y bicapa)» (MTC, 2013).

j) Carretera

«Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones» (MTC, 2013).

k) Carretera afirmada

«Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de AFIRMADO» (MTC, 2013).

l) Carretera no pavimentada

«Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural» (MTC, 2013).

m) Carretera pavimentada

«Carretera cuya superficie de rodadura, está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Pórtland (rígida)» (MTC, 2013).

n) Carretera sin afirmar

«Carretera a nivel de subrasante o aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el afirmado» (MTC, 2013).

o) Control de emisión de polvo

«Capacidad del suelo de controlar el desprendimiento al medio ambiente, de las partículas finas que lo componen» (MTC, 2017).

p) Estabilizador de suelo

«Producto químico, natural o sintético, que por su acción y/o combinación con el suelo, mejora una o más de sus propiedades de comportamiento» (MTC, 2017).



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Investigación aplicada, debido a que se evaluará los efectos que se presentan en la variable dependiente.

4.1.2 Nivel de investigación

El trabajo de investigación corresponde a un estudio experimental.

4.1.3 Diseño de la investigación

El diseño es cuasi experimental.

- G1 → X1 → O1

- G2 → O2

- G1: harán uso del aditivo Sika Dust Seal.
- G2: no harán uso de la aplicación.
- O1: Medición de un grupo de control.
- O2: Medición de un grupo experimental.
- X1: Aplicación.

4.2 Población y muestra

4.2.1 Población

La población motivo de esta investigación estará conformado por los pozos exploratorios o calicatas.

4.2.2 Muestra

La muestra de interés en esta investigación, es de tipo censal porque está conformada por criterio del investigador, en este caso para la determinación del número de calicatas se tomó como referencia el Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en la Sección de Suelos y Pavimentos.

En el cuadro 4.1 *Numero de Calicatas para Exploración de Suelos* del Manual en mención nos indica que:



- Para carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada, corresponde realizar **01 calicata x km** con una profundidad de excavación de 1.50m respecto al nivel de subrasante.
Considerando lo descrito líneas arriba para la presente investigación se realizó un total de 11 calicatas, en donde se realizaron los siguientes ensayos:
Análisis granulométrico por tamizado. (NTP 339.128, ASTM D422).
Límites de consistencia o Límites de Atterberg (NTP 339.129, ASTM D4318).
- Para carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada, en el caso del ensayo de CBR se realizó 01 por cada 3 km.

4.3 Procedimiento de investigación

Se llevó los siguientes procedimientos:

- I. Etapa:** Evaluación del área de estudio.
- II. Etapa:** Visita a campo.
- III. Etapa:** Toma de datos de la información de campo.
- IV. Etapa:** Extracción de las muestras.
- V. Etapa:** Ensayos de materiales en laboratorio.
- VI. Etapa:** Procesamiento de la información.
- VII. Etapa:** Presentación de los resultados.

4.4 Técnicas e instrumentos

4.4.1 Técnicas estadísticas

Dentro del procesamiento de los datos se usarán:

Distribución normal Z.

«Se procederá a ordenar, clasificar y analizar en función de las variables tomadas en consideración. Finalmente, para determinar el grado de aceptación de acuerdo a las dimensiones planteadas».



4.4.2 Instrumentos estadísticos

a. Hipótesis estadísticas

$$H_0: \mu_{\text{final}} = \mu_{\text{inicial}}$$

$$H_1: \mu_{\text{final}} > \mu_{\text{inicial}}$$

- μ_{inicial} = La aplicación del aditivo Sika Dust Seal no influye en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi –San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.
- μ_{inicial} = La aplicación del aditivo Sika Dust Seal influye en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi –San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.

b. Estadístico

$$\bar{x} = \sum_{i=0}^n \frac{X_i}{n} \quad : \text{Media}$$

$$\sigma_A^2 = \frac{\sum_{i=0}^N (X_i^2 - n\bar{x}_A^2)}{n-1} \quad : \text{Desviación estándar para el grupo A}$$

$$\sigma_B^2 = \frac{\sum_{i=0}^N (X_i^2 - n\bar{x}_B^2)}{m-1} \quad : \text{Desviación estándar para el grupo B}$$

$$t_c = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_1} + \frac{\sigma_B^2}{m}}}$$

Donde:

\bar{x} = media

X_i = dato

n = tamaño de la muestra

σ_A^2 = Desviación estándar para el grupo A

σ_B^2 = Desviación estándar para el grupo B

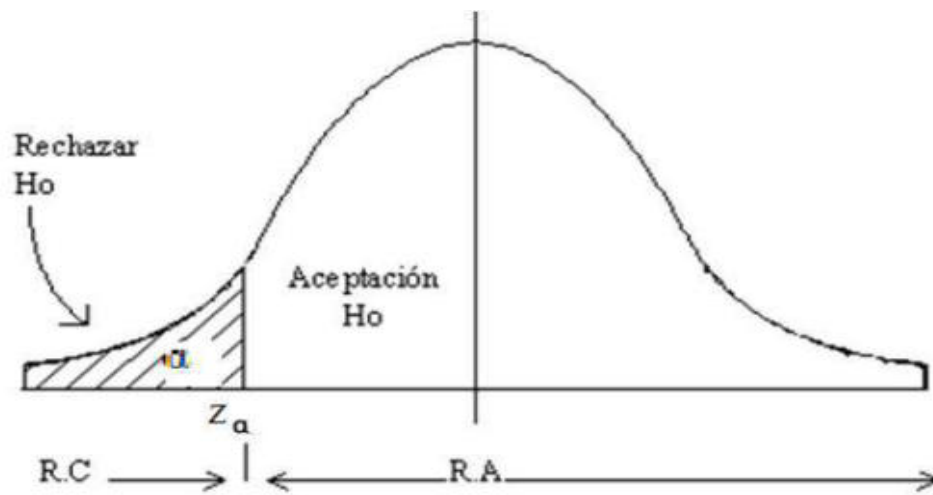
t_c = prueba de hipótesis

c. Nivel de significancia

$$\alpha = 5 \% \cong 0,05$$



d. Región crítica o regla de decisión



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Estudio del suelo del terreno en estudio

Geológicamente el área de estudio se encuentra circunscrito dentro del cuadrángulo de Chahuanca hoja 29 p, la columna estratigráfica está constituida por unidades litológicas cuyas edades van desde el Jurásico hasta el cuaternario reciente.

El presente estudio se realizó con la finalidad de establecer las características geotécnicas de la zona en estudio, donde se iba identificando las diferentes características estratigráficas, erosionales, estructurales y los diversos procesos geodinámicos de carácter externo que las mismas condicionan el grado de estabilidad o comportamiento de los taludes existentes.

5.1.1 Aspectos geodinámicos de la vía en estudio

Para la generación de los fenómenos de Geodinámica Externa, intervienen directa y/o indirectamente factores estáticos y dinámicos. Dentro de los primeros consideramos los topográficos, estructurales (fallas, estratificación, fracturas, pliegues, etc.), litológicos (suelos y rocas, grado de alteración y litificación) y dentro de los factores dinámicos se encuentran principalmente los agentes hidrometeorológicos y el factor antrópico; hay que resaltar la acción de las aguas de lluvia que influyen en la inestabilidad de las masas rocosas; la actividad sísmica y la gravedad.

Como parte de la evaluación de geodinámica externa, está la identificación de fenómenos activos o potenciales dentro de la franja de vía. En todos los casos se indica el grado de nivel de riesgo de la vía ante la acción, activación y/u ocurrencia de un fenómeno geodinámica el cual este afectando o afecte la vía y/o a los transeúntes.

Progresiva 0+000

Parte de la vía Santa Rosa - Chahuanca, en la zona conocida como Antarumi – San Mateo, con la vía en regular estado. Superficialmente rugosa, de 0+00 cm a 1+50 cm de profundidad el material es semi compacto, húmedo no se encontró el nivel freático, de color Beige, inicio del Tramo.



Progresiva 0+000 a 3+000

Vía en regular estado. Estrato de material Afirmado. De 0+15 a 1+50 cm. Formado por terreno natural con gravas, bolonerías y rocas, con piedras sub angulosas, de fácil excavación.

Progresiva 3+000 a 7+000

Esta zona está distribuida por material natural uniforme estable, zonas geológicamente estables con pocas pendientes pronunciadas y con presencia de taludes de notable altura, En la geología local, asociados a los conos aluviales, frecuentemente se encuentran depósitos de terrazas de grandes dimensiones. De color rojizo con piedra de variado tamaño sub angulosa.

Progresiva 7+000 a 10+225

Zona de pastoreo de ganado esta zona está distribuida por material natural uniforme estable, zonas geológicamente estables con poca pendiente y talud mínimo. En la geología local, está asociada a los conos aluviales, frecuentemente se encuentran depósitos de terrazas de grandes dimensiones.

5.1.2 Descripción de los trabajos de campo

Para la toma de muestras primeramente se inició con el reconocimiento de la zona en estudio, todo ello con la finalidad de conocer las propiedades de capacidad de carga (CBR) del terreno de subrasante.

De esta manera se tomaron muestras alteradas representativas cada 1000 m., teniendo en cuenta el tipo del terreno, en donde se identificaron zonas críticas en las cuales se necesita realizar mejoramiento de terreno, para dotar de capacidad estructural a la subrasante.

5.1.2.1 Excavación de calicatas

Se realizaron excavaciones manuales a cielo abierto (calicatas), con barreta, pico y pala, Se han registrado 11 calicatas de 1.50 m. de profundidad, extrayéndose 11 muestras de suelo para su análisis, de los cuales se han identificado el terreno, no se ha encontrado napa freática.

Las excavaciones se han realizado alternadamente a la izquierda y derecha del trazo de la carretera proyectada, cumpliendo con una calicata por kilómetro.



En cada una de las excavaciones se realizó la descripción del perfil estratigráfico con sus respectivos espesores, teniendo en cuenta el tipo de suelo, nivel freático, materia orgánica, porcentaje de panículas mayores a 3”, humedad, plasticidad. De cada una de las calicatas se extrajeron muestras de los diferentes estratos para la ejecución de los ensayos de laboratorio correspondientes, para lo cual cada muestra fue identificada convenientemente y embalada en bolsas de polietileno que fueron remitidas a un laboratorio instalado en la ciudad de Abancay; donde se efectuaron los ensayos estándar de Clasificación de Suelos, ensayos de compactación Proctor. California Bearing Ratio (CBR) y Peso Unitario.

Al finalizar la exploración y la toma de muestras, en cada uno de los puntos identificados, se procedió a rellenar la excavación.

5.1.2.2 Toma de muestra para los ensayos de compactación y densidad

De la misma manera con la finalidad de conocer las propiedades de capacidad de carga CBR del terreno de subrasante se tomaron muestras alteradas representativas cada 1000 m., teniendo en cuenta el tipo del terreno.

5.2 Ensayos de laboratorio

Con las muestras de suelo que se obtuvieron de las calicatas se realizaron ensayos estándar y de compactación, con los cuales se identifican los tipos de suelos, se determina sus constantes físicas-mecánicas y propiedades de capacidad de soporte.

Tabla 6 — Ensayos de clasificación de suelos y compactación

Ensayos estándar de clasificación de suelos	Norma
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E-107
Límite líquido y Límite plástico	MTC E-110, E-111
Contenido de humedad	MTC E-108
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO	AASHTO M-145
Ensayos de compactación	Norma
Proctor Modificado	MTC E-115
California Bearing Ratio (CBR)	MTC E-132



5.2.1 Resultados de los ensayos de laboratorio

Los cuadros resúmenes del estudio de suelos han sido elaborados en función a los resultados de los ensayos de laboratorio; los cuales están anexados en la presente investigación.

Se presenta el resumen de los ensayos de suelos, indicando fecha, progresiva, calicata, muestra, profundidad, lado, humedad natural, granulometría, límites de consistencia, clasificación SUCS y AASHTO, CBR a 0.1", CBR a 0.2", y otros análisis que identifican las características del suelo. Para poder determinar el mejoramiento de la vía.

5.2.1.1 Registro de excavaciones

Se realizaron (11) excavaciones manuales a cielo abierto (calicatas), con barreta, pico y pala, las cuales fueron ubicadas en todo el tramo en estudio, con profundidades de 1.50 m, todo esto se realizó con la finalidad de determinar las características de la subrasante y así mismo obtener el perfil estratigráfico del suelo.

Tabla 7 — Coordenadas geográficas de las calicatas

Calicata	Prof. (m)	Coordenadas		Margen
		Norte	Este	
C – 1	1.50	8457950.18	704977.16	Derecho
C – 2	1.50	8458017.85	704493.87	Derecho
C – 3	1.50	8458471.43	703868.15	Izquierdo
C – 4	1.50	8457950.18	704977.16	Derecho
C – 5	1.50	8458343.47	703267.15	Derecho
C – 6	1.50	8458579.77	703221.29	Derecho
C – 7	1.50	8459515.08	703032.44	Derecho
C – 8	1.50	8459753.99	702583.89	Izquierdo
C – 9	1.50	8458579.77	703221.29	Derecho
C – 10	1.50	8461239.24	702107.38	Derecho
C – 11	1.50	8461981.59	701977.02	Derecho



Tabla 8 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 01


Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 1.50	M - 01		<p>Grava arcillosa, con material granular equivalente a 79.69%, de color gris pardo claro, con plasticidad, el material se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento.</p> <p>El material es homogéneo con las características descritas en toda la altura de excavación de la calicata.</p> <p>No presenta nivel freático.</p>	GC	A-2-4(0)



Figura 3 — Vista de la Calicata C – 01

Tabla 9 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 02

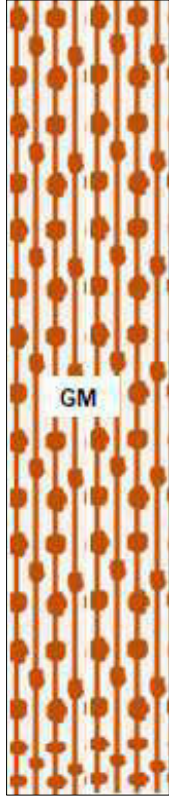
Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 1.50	M - 02		<p>Grava limosa, con material granular equivalente a 84.48% de color marrón oscuro, con presencia de roca de forma sub angulosa con tamaño máximo mayores de 50 cm, con plasticidad, se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento.</p> <p>No presenta nivel freático.</p>	GM	A-1-b(0)



Figura 4 — Vista de la Calicata C – 02

Tabla 10 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 03

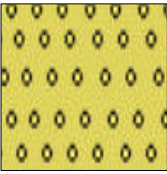
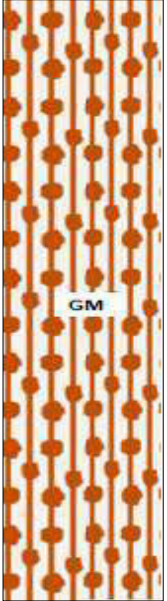
Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 0.50	M - 03		Grava limosa, con raíces pastos, se encuentra en estado medianamente compactada.	-	-
0.50 – 1.50	M - 03		Grava limosa, con material granular equivalente a 81.51% de color marrón oscuro, con presencia de roca de forma sub angulara con tamaño máximo mayores de 50 cm, con plasticidad, se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento. No presenta nivel freático.	GM	A-1-b(0)



Figura 5 — Vista de la Calicata C - 03

Tabla 11 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 04


Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 1.50	M - 04		<p>Se presenta un material homogéneo de grava limosa con material granular equivalente a 83.46% de color pardo claro en toda la altura de corte de la calicata, el material se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento.</p> <p>No presenta nivel freático.</p>	GM	A-2-4(0)



Figura 6 — Vista de la Calicata C – 04

Tabla 12 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 05

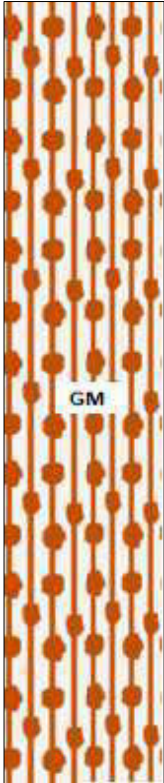
Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 1.50	M - 05		Grava limosa con material granular equivalente a 84.52% de color pardo oscuro, se encuentra en estado compacto, con plasticidad, en óptimas condiciones para tratamiento. No presenta nivel freático.	GM	A-1-b(0)



Figura 7 — Vista de la Calicata C – 05

Tabla 13 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 06

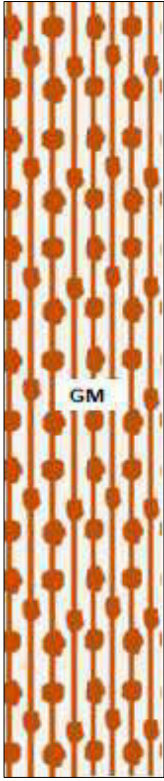
Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 1.50	M - 06		Grava limosa con material granular equivalente a 80.67% de color rojo ladrillo, se encuentra en estado compacto, con plasticidad, en óptimas condiciones para tratamiento. No presenta nivel freático.	GM	A-1-b(0)



Figura 8 — Vista de la Calicata C – 06

Tabla 14 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 07


Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 1.50	M - 07		<p>Arena limo arcillosa con material granular equivalente a 68.05% de color rojo ladrillo, con plasticidad, se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento.</p> <p>No presenta nivel freático.</p>	SM - SC	A-1-b(0)



Figura 9 — Vista de la Calicata C - 07

Tabla 15 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C – 08

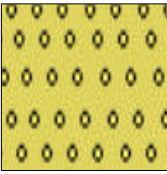
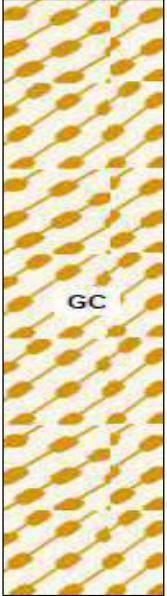
Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 0.50	M - 08		Grava arcillosa, con raíces pastos, se encuentra en estado medianamente compactada.	-	-
0.50 – 1.50	M - 08		Grava arcillosa con material granular equivalente a 80.88% de color marrón oscuro, se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento. No presenta nivel freático.	GC	A-2-4(0)



Figura 10 — Vista de la Calicata C - 08

Tabla 16 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 09

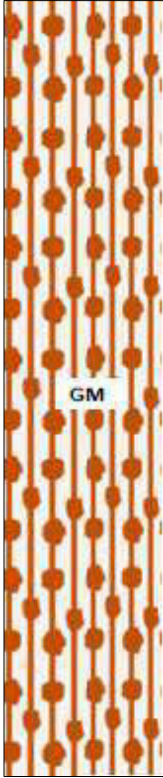
Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 1.50	M - 09		<p>Grava limosa con material granular equivalente a 78.45% de color rojo ladrillo, se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento.</p> <p>No presenta nivel freático.</p>	GM	A-1-b(0)



Figura 11 — Vista de la Calicata C – 09

Tabla 17 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 10




Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
0.00 – 1.50	M - 10		Grava arenosa con material granular equivalente a 84.76% de color rojo ladrillo, se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento. No presenta nivel freático.	GP	A-1-a(0)



Figura 12 — Vista de la Calicata C – 10

Tabla 18 — Perfil estratigráfico del suelo – Calicata C - 11

Prof. (m)	Muestra	Símbolo Grafico	Descripción del Estrato	SUCS	AASHTO
 0.00 – 1.50	M - 11		Arena limo arcillosa con material granular equivalente a 81.31% de color marrón oscuro, se encuentra en estado compacto, en óptimas condiciones para tratamiento. No presenta nivel freático.	SM - SC	A-1-b(0)

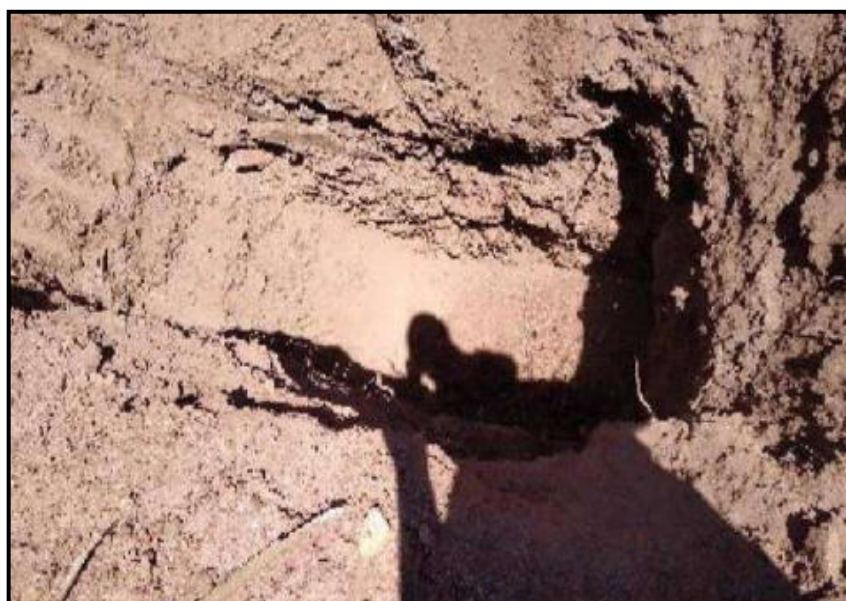


Figura 13 — Vista de la Calicata C - 11

5.2.1.2 Análisis granulométrico

La finalidad de este ensayo es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Este ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub bases de carreteras, presas de tierra, etc., dependen de este análisis. En la Tabla 19 se muestra el resumen de los ensayos para las 11 calicatas.

Tabla 19 — Resultado de granulometría

Malla		% Pasante										
Tamiz	mm	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
3"	76.200											
2"	50.800										91.04	
1 1/2"	38.100	92.48	91.54	91.33	91.42	91.44	91.07		92.53	92.92	84.47	
1"	25.400	84.48	83.60	83.23	83.05	83.17	82.91		84.77	85.53	77.42	
3/4"	19.000	77.48	76.03	76.52	76.35	76.50	76.28	100.00	76.52	77.11	69.30	100.00
1/2"	12.700	69.66	67.52	68.62	68.14	68.44	68.83	93.53	69.31	70.65	59.55	92.47
3/8"	9.500	62.41	60.06	61.42	60.69	60.75	61.50	88.91	62.68	63.92	52.47	87.36
1/4"	6.350	55.63	52.63	54.53	53.54	53.57	54.65	85.78	55.34	56.69	46.09	81.50
No 4	4.750	49.27	46.69	48.83	47.61	47.47	49.47	82.04	48.44	49.79	40.59	75.41
No 8	2.350	46.03	43.09	45.25	43.87	43.62	45.79	75.20	44.79	46.22	37.54	67.50
No 10	2.000	43.21	39.84	42.09	40.58	40.21	42.53	69.58	41.37	42.98	34.86	61.13
No 16	1.190	40.57	36.96	39.26	37.61	37.09	39.68	63.57	38.33	40.13	32.27	51.31
No 20	0.840	38.06	34.52	36.86	35.12	34.50	37.35	59.83	35.92	37.78	29.78	46.94
No 30	0.600	34.90	31.04	33.49	31.63	30.87	33.99	55.32	32.54	34.63	27.13	41.92
No 40	0.425	31.94	27.99	30.76	28.79	27.92	31.18	50.68	29.71	31.85	24.54	36.58
No 50	0.300	28.51	24.22	27.11	25.11	24.13	27.59	46.70	27.10	29.50	22.37	32.67
No 60	0.240	28.01	23.74	26.68	24.71	23.67	27.12	45.78	26.59	29.06	21.99	31.87
No 80	0.177	26.08	21.55	24.65	22.72	21.53	25.15	41.51	24.46	26.93	20.14	27.86
No 100	0.150	23.59	18.88	22.08	20.16	19.12	22.80	37.41	21.88	24.37	17.88	23.94
No 200	0.075	20.31	15.52	18.49	16.54	15.48	19.33	31.95	19.12	21.55	15.24	18.69



De los resultados podemos apreciar, que las muestras en promedio de las 11 calicatas el 19.29% pasa por la malla N° 200 mostrando una baja cantidad de material limo arcilloso, por consiguiente, existe mayor presencia de material granular equivalente al 80.71% en promedio.

5.2.1.3 Contenido de humedad

Los datos obtenidos con respecto al contenido de humedad de las muestras de las 11 calicatas en estudio servirán para comparar con el contenido de humedad óptimo.

Tabla 20 — Contenido de Humedad

Calicata	W%
C - 01	7.90
C - 02	7.50
C - 03	8.00
C - 04	6.20
C - 05	7.40
C - 06	7.70
C - 07	8.40
C - 08	7.90
C - 09	8.10
C - 10	8.10
C - 11	8.20

5.2.1.4 Límites de consistencia (Límites de Atterberg)

Tabla 21 — Resultado de Límites de Consistencia

Calicata N°	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
C - 01	29.6	22.3	7.3
C - 02	28.1	22.5	5.6
C - 03	28.3	22.7	5.6
C - 04	28.5	22.4	6.1
C - 05	27.9	23.5	4.4
C - 06	27.7	23.1	4.6

C - 07	27.5	21.0	6.5
C - 08	28.3	21.1	7.2
C - 09	27.5	23.8	3.9
C - 10	27.1	23.8	3.3
C - 11	26.9	21.3	5.6

En la anterior tabla, podemos identificar que el suelo en estudio que presenta mayor índice de plasticidad es la calicata 01, el cual tiene un límite líquido de 29.6% y un límite plástico de 22.3%.

5.2.1.5 Ensayo Proctor Modificado sin aditivo

Mediante este ensayo se determinó la densidad seca para una determinada humedad óptima en un total de 04 calicatas. El método por el cual se realizó el ensayo de Proctor modificado (NTP 339.141) se realizó de acuerdo a la Tabla 22, así como también de acuerdo a las muestras que se tomaron de las 04 calicatas, según la Tabla 22 el ensayo se realizó considerando el Proceso C.

Tabla 22 — Determinación procedimiento de ensayo Proctor Modificado

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)			
Especificación	Proceso A	Proceso B	Proceso C
Tamiz 3/4"	-----	-----	≤ 30%
Tamiz 3/8"		≤ 20%	> 20%
Tamiz N° 04	≤ 20%	> 20%	-----
Diámetro Molde	4 pulg.	4 pulg.	6 pulg.
N° de capas	5	5	5
N° golpes/capa	56	56	56
Peso del martillo	10 lb ó 4.5kg	10 lb ó 4.5kg	10 lb ó 4.5kg
Altura de caída	18 pulg.	18 pulg.	18 pulg.
Cantidad material	6 kg	6 kg	6 kg
Usar material que pasa	N° 04	3/8"	3/4"

Fuente: Norma NTP 339.141.



En la Tabla 23, se observa el resumen de los resultados del ensayo de proctor modificado de las 04 calicatas exploradas al momento de la toma de muestra.

Tabla 23 — Resumen de ensayo Proctor Modificado sin aditivo

Calicata N°	Progresiva	Datos	
		Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	Humedad Óptima (%)
C - 01	00+000	2.015	8.20
C - 04	03+000	2.025	8.30
C - 07	06+000	1.858	9.08
C - 10	09+000	2.166	8.26

Observando los resultados en la Tabla 23 podemos apreciar que el mayor contenido óptimo de humedad lo presenta la calicata C – 07, cuyo dato nos brinda la información de que el material de la calicata mencionada al momento de obtener un contenido de humedad del 9.08%, este llegara a su densidad seca máxima mediante procesos de compactación controlados.

En las siguientes figuras se muestran las curvas de compactación que se obtuvieron a partir del ensayo de Proctor Modificado para cada una de las calicatas en donde se muestra la relación entre la humedad óptima y la densidad seca máxima.

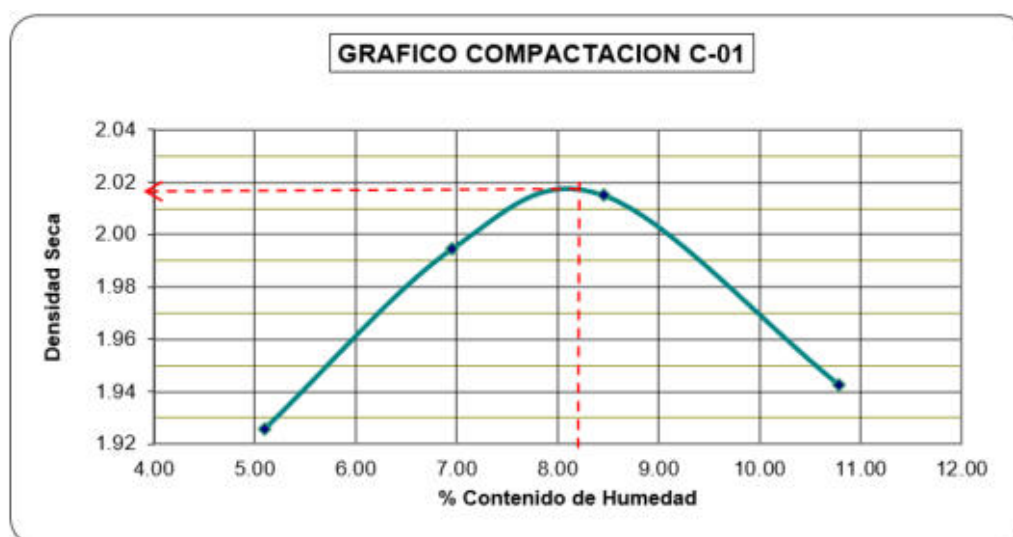


Figura 14 — Curva de Compactación C – 01

Con respecto a la calicata C-01 en la figura 14 se muestra la relación entre el porcentaje de contenido de humedad y la densidad seca. Esta curva se genera a

raíz de la realización del ensayo de Proctor Modificado (04 ensayos por cada calicata) en donde mediante procesos de compactación se hace variar a la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad máxima seca a una determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva indica en el eje de las ordenadas a la densidad seca máxima mientras en el eje de las abscisas al contenido de humedad óptimo. Por lo que de la figura 14 obtenemos para la calicata 01 un 8.20% de contenido de humedad y 2.015gr/cm³ de densidad seca máxima.

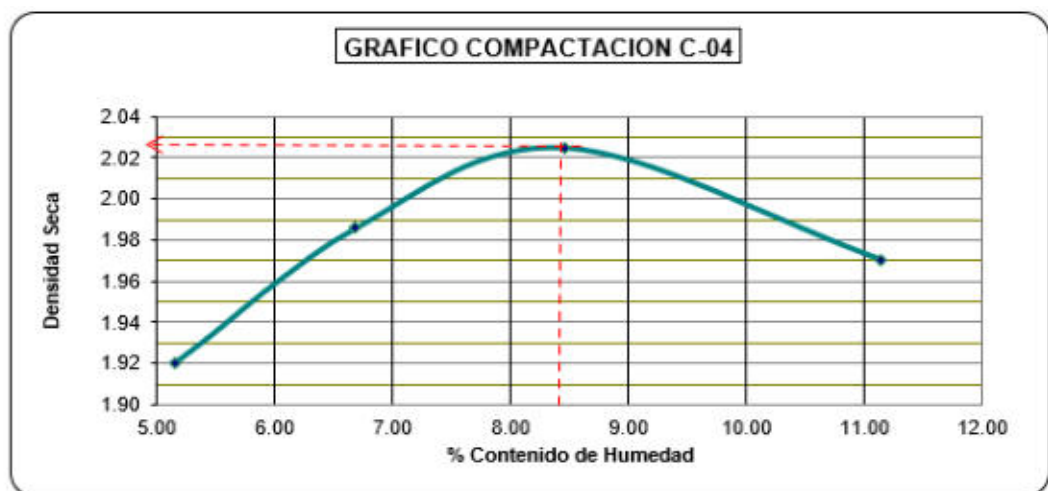


Figura 15 — Curva de Compactación C – 04

Con respecto a la calicata C-04 en la figura 15 se muestra la relación entre el porcentaje de contenido de humedad y la densidad seca. Esta curva se genera a raíz de la realización del ensayo de Proctor Modificado (04 ensayos por cada calicata) en donde mediante procesos de compactación se hace variar a la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad máxima seca a una determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva indica en el eje de las ordenadas a la densidad seca máxima mientras en el eje de las abscisas al contenido de humedad óptimo. Por lo que de la figura 15 obtenemos para la calicata 04 un 8.30% de contenido de humedad y 2.025gr/cm³ de densidad seca máxima.

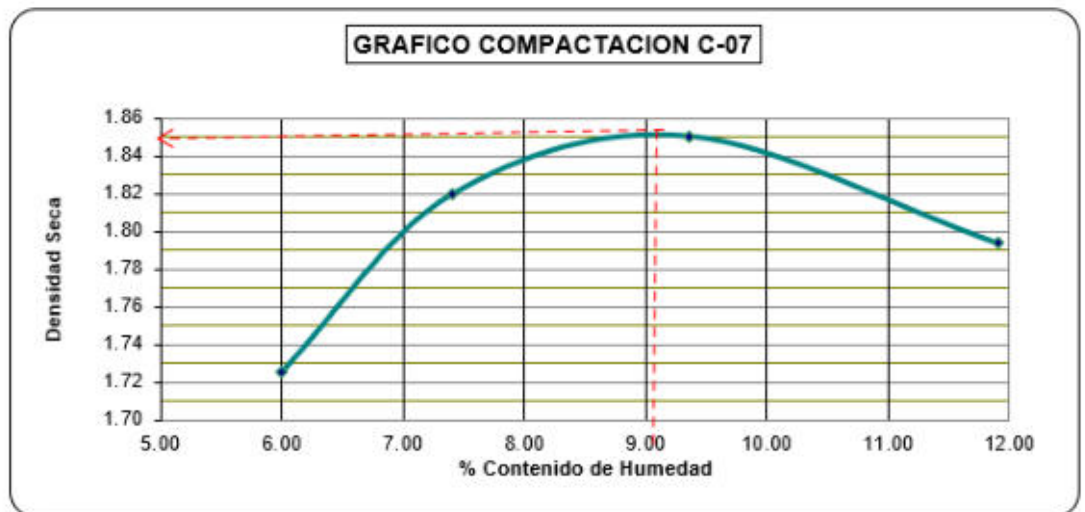


Figura 16 — Curva de Compactación C – 07

Con respecto a la calicata C-07 en la figura 16 se muestra la relación entre el porcentaje de contenido de humedad y la densidad seca. Esta curva se genera a raíz de la realización del ensayo de Proctor Modificado (04 ensayos por cada calicata) en donde mediante procesos de compactación se hace variar a la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad máxima seca a una determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva indica en el eje de las ordenadas a la densidad seca máxima mientras en el eje de las abscisas al contenido de humedad óptimo. Por lo que de la figura 16 obtenemos para la calicata 07 un 9.08 % de contenido de humedad y 1.858 gr/cm³ de densidad seca máxima.

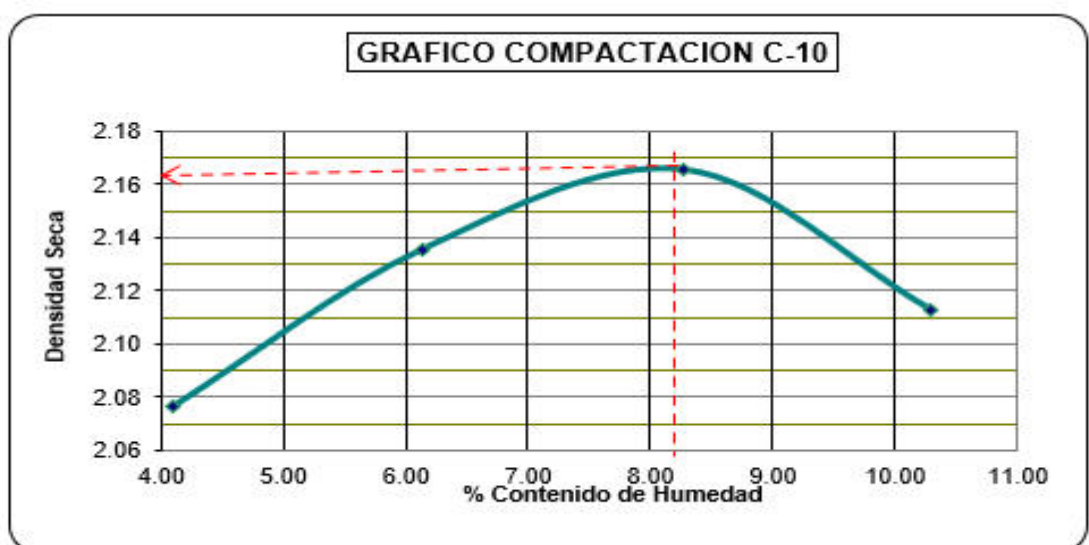


Figura 17 — Curva de Compactación C – 10



Con respecto a la calicata C-10 en la figura 17 se muestra la relación entre el porcentaje de contenido de humedad y la densidad seca. Esta curva se genera a raíz de la realización del ensayo de Proctor Modificado (04 ensayos por cada calicata) en donde mediante procesos de compactación se hace variar a la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad máxima seca a una determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva indica en el eje de las ordenadas a la densidad seca máxima mientras en el eje de las abscisas al contenido de humedad óptimo. Por lo que de la figura 17 obtenemos para la calicata 10 un 8.26 % de contenido de humedad y 2.166 gr/cm³ de densidad seca máxima.

5.2.1.6 Ensayo CBR - MTC E132/NTP 339.145 sin aditivo

Los ensayos realizados en las distintas muestras extraídas a nivel de subrasante, se realizaron con la finalidad de evaluar la resistencia de la capa de rodadura, estos valores de CBR fueron obtenidos en laboratorio de suelos.

Tabla 24 — Ensayo CBR para 0.1” de penetración

Progresiva	Calicata	CBR 100 %
00+000	01	36.68
03+000	04	44.46
06+000	07	41.65
09+000	10	37.30

Los resultados indican que la calicata C - 04 tiene un C.B.R. mayor a las demás calicatas, el cual es de 44.46% al 100% de la máxima densidad seca, la calicata C - 01 tiene un C.B.R. de 36.68 % al 100% de la densidad máxima seca siendo este el menor de todos.

Tabla 25 — Ensayo CBR para 0.2” de penetración

Progresiva	Calicata	CBR 100 %
00+000	01	42.45
03+000	04	51.83
06+000	07	52.47
09+000	10	41.61



Los resultados indican que la calicata C - 03 tiene un C.B.R. mayor a las demás calicatas, el cual es de 52.47% al 100% de la densidad máxima seca, la calicata C - 10 tiene un C.B.R. de 41.61% al 100% de la densidad máxima seca siendo este el menor de todos.

5.2.1.7 Ensayo CBR - MTC E132/NTP 339.145 + Aditivo Sika Dust Seal

Considerando que tenemos los contenidos de humedad calculados mediante el ensayo de Proctor Modificado de las 04 calicatas, procedemos a calcular las dosificaciones del aditivo para cada una de las calicatas, tomando en cuenta los datos de la ficha técnica del aditivo es decir 0.75 L/m², 1.5 L/m² y 2.25 L/m².

A partir de ello, procedemos a realizar el ensayo de CBR en base a los contenidos de humedad para las 04 calicatas a los 12, 25 y 56 golpes.

Para calicata C – 01:

Datos:

- Contenido óptimo de humedad (%) = 8.20
- Dosificación de Aditivo (L/m²) = 0.75
- Peso de la muestra por molde (kg) = 6

Considerando los datos anteriores procedemos a realizar los siguientes cálculos:

- **Cálculo de aditivo para ensayo de CBR:**

Volumen del molde de CBR: 2,123.31 cm³

$$0.75 \text{ L de aditivo} \longrightarrow 150,000.00 \text{ cm}^3$$

$$X \longrightarrow 2,123.31 \text{ cm}^3$$

$$X = 0.01062 \text{ L de aditivo}$$

$$X = 10.62 \text{ cm}^3/\text{molde de CBR}$$

- **Contenido de Agua:**

$$8.20\% \times 6\text{kg} = 0.492 \text{ L} = 492 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots(\text{Agua})$$

Entonces la dosificación para el ensayo de CBR, será de la siguiente manera:

$$\text{Agua} = 492 - 10.62 = 481.38 \text{ cm}^3$$

$$\text{Aditivo} = 10.62 \text{ cm}^3$$



De la misma forma se realizó los cálculos en la calicata C-01 para las dosificaciones de 1.5 L/m² y 2.25 L/m², obteniendo los resultados que se detallan en la Tabla 26.

Para calicata C – 04:

Datos:

- Contenido óptimo de humedad (%) = 8.30
- Dosificación de Aditivo (L/m²) = 0.75
- Peso de la muestra por molde (kg) = 6

Considerando los datos anteriores procedemos a realizar los siguientes cálculos:

• **Cálculo de aditivo para ensayo de CBR:**

Volumen del molde de CBR: 2,123.31 cm³

$$0.75 \text{ L de aditivo} \longrightarrow 150,000.00 \text{ cm}^3$$

$$X \longrightarrow 2,123.31 \text{ cm}^3$$

$$X = 0.01062 \text{ L de aditivo}$$

$$X = 10.62 \text{ cm}^3/\text{molde de CBR}$$

• **Contenido de Agua:**

$$8.30\% \times 6\text{kg} = 0.498 \text{ L} = 498 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots(\text{Agua})$$

Entonces la dosificación para el ensayo de CBR, será de la siguiente manera:

$$\text{Agua} = 498 - 10.62 = 487.38 \text{ cm}^3$$

$$\text{Aditivo} = 10.62 \text{ cm}^3$$

De la misma forma se realizó los cálculos en la calicata C-04 para las dosificaciones de 1.5 L/m² y 2.25 L/m², obteniendo los resultados que se detallan en la Tabla 26.

Para calicata C – 07:

Datos:

- Contenido óptimo de humedad (%) = 9.08
- Dosificación de Aditivo (L/m²) = 0.75
- Peso de la muestra por molde (kg) = 6

Considerando los datos anteriores procedemos a realizar los siguientes cálculos:

- **Cálculo de aditivo para ensayo de CBR:**

Volumen del molde de CBR: 2,123.31 cm³

$$0.75 \text{ L de aditivo} \longrightarrow 150,000.00 \text{ cm}^3$$

$$X \longrightarrow 2,123.31 \text{ cm}^3$$

$$X = 0.01062 \text{ L de aditivo}$$

$$X = 10.62 \text{ cm}^3/\text{molde de CBR}$$

- **Contenido de Agua:**

$$9.08\% \times 6\text{kg} = 0.5448 \text{ L} = 544.8 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots(\text{Agua})$$

Entonces la dosificación para el ensayo de CBR, será de la siguiente manera:

$$\text{Agua} = 544.8 - 10.62 = 534.18 \text{ cm}^3$$

$$\text{Aditivo} = 10.62 \text{ cm}^3$$

De la misma forma se realizó los cálculos en la calicata C-07 para las dosificaciones de 1.5 L/m² y 2.25 L/m², obteniendo los resultados que se detallan en la Tabla 26.

Para calicata C – 10:

Datos:

- Contenido óptimo de humedad (%) = 8.26
- Dosificación de Aditivo (L/m²) = 0.75
- Peso de la muestra por molde (kg) = 6

Considerando los datos anteriores procedemos a realizar los siguientes cálculos:

- **Cálculo de aditivo para ensayo de CBR:**

Volumen del molde de CBR: 2,123.31 cm³

$$0.75 \text{ L de aditivo} \longrightarrow 150,000.00 \text{ cm}^3$$

$$X \longrightarrow 2,123.31 \text{ cm}^3$$

$$X = 0.01062 \text{ L de aditivo}$$

$$X = 10.62 \text{ cm}^3/\text{molde de CBR}$$

- **Contenido de Agua:**

$$9.08\% \times 6\text{kg} = 0.4956 \text{ L} = 495.6 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots(\text{Agua})$$

Entonces la dosificación para el ensayo de CBR, será de la siguiente manera:



$$\text{Agua} = 495.6 - 10.62 = 484.98 \text{ cm}^3$$

$$\text{Aditivo} = 10.62 \text{ cm}^3$$

De la misma forma se realizó los cálculos en la calicata C-10 para las dosificaciones de 1.5 L/m² y 2.25 L/m², obteniendo los resultados que se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26 — Resumen dosificación de agua + aditivo para el ensayo de CBR

Progresiva	N° Calicata	Datos referenciales (Ficha Técnica) (L/m ²)	Dosificación (Agua +Aditivo) cm ³	
			Agua	Aditivo
00+000	C - 01	0.75	481.38	10.62
		1.5	470.77	21.23
		2.25	460.15	31.85
03+000	C - 04	0.75	487.38	10.62
		1.5	476.77	21.23
		2.25	466.15	31.85
06+000	C - 07	0.75	534.18	10.62
		1.5	523.57	21.23
		2.25	512.95	31.85
09+000	C - 10	0.75	484.98	10.62
		1.5	474.37	21.23
		2.25	463.75	31.85

Teniendo calculado las dosificaciones para cada una de las calicatas en la Tabla 26, se procedió a realizar la prueba del ensayo CBR (NTP 339.145) más aditivo, obteniendo los siguientes resultados que se presentan en la siguiente Tabla 27 para 0.1” (pulgadas) de penetración:



Tabla 27 — Resumen de ensayo CBR + aditivo para 0.1" de penetración

N° Calicata	N° de Ensayo	Dosificación (Agua +Aditivo) cm ³		Datos	
		Agua	Aditivo	CBR al 100 %	CBR al 95 %
C - 01	1	481.38	10.62	41.03	30.85
	2	470.77	21.23	66.23	45.37
	3	460.15	31.85	55.45	35.85
C - 04	1	487.38	10.62	65.59	35.80
	2	476.77	21.23	84.83	65.80
	3	466.15	31.85	60.51	55.00
C - 07	1	534.18	10.62	53.56	35.68
	2	523.57	21.23	66.86	42.58
	3	512.95	31.85	57.97	31.80
C - 10	1	484.98	10.62	56.39	30.22
	2	474.37	21.23	68.14	55.64
	3	463.75	31.85	60.19	45.00

Visto los resultados a partir de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras extraídas de las 04 calicatas (C – 01, C – 04, C – 07 y C – 10), sin la adición del aditivo las cuales se muestran en las Tablas 24 y 25.

En la Tabla 27 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de CBR más aditivo para 0.1" de penetración, en la cual se puede observar que existe una variación porcentual en los valores obtenidos de CBR, siendo estos favorables en relación a los resultados iniciales de las muestras sin aditivo tanto al 95% y al 100% de la densidad máxima seca, lo que nos indica que la resistencia del suelo mejora significativamente con la aplicación del Aditivo Sika Dust Seal.

Ahora en la Tabla 28 realizaremos el cálculo de los porcentajes de aumento de CBR al 95% y 100% de la Densidad Máxima Seca para 0.1" de penetración para las 04 calicatas en estudio, todo ello con respecto al CBR patrón calculado sin aditivo que se muestra en las Tablas 24 y 25. Verificando los resultados podemos concluir que con la aplicación del aditivo se incrementa la capacidad de soporte del suelo estudiado en las 04 calicatas en estudio.



Tabla 28 — Resumen de CBR al 95% y 100% de la MDS para 0.1" de penetración

N° Calicata	Cantidad de Aditivo (cm ³)	CBR al 95%	Aumento Porcentual de CBR al 95% (%)	CBR al 100%	Aumento Porcentual de CBR al 100% (%)
C - 01	Sin Aditivo	24.01	0.00	36.68	0.00
	10.62	30.85	28.49	41.03	11.86
	21.23	45.37	88.96	66.23	80.56
	31.85	35.85	49.31	55.45	51.17
C - 04	Sin Aditivo	30.05	0.00	44.46	0.00
	10.62	35.80	19.13	65.59	47.53
	21.23	65.80	118.97	84.83	90.80
	31.85	55.00	83.03	60.51	36.10
C - 07	Sin Aditivo	30.90	0.00	41.65	0.00
	10.62	35.68	15.47	53.56	28.60
	21.23	42.58	37.80	66.86	60.53
	31.85	31.80	2.91	57.97	39.18
C - 10	Sin Aditivo	28.60	0.00	37.20	0.00
	10.62	30.22	5.66	56.39	51.59
	21.23	55.64	94.55	68.14	83.17
	31.85	45.00	57.34	60.19	61.80

La Tabla 28 nos indica que el aumento del C.B.R. al 95% de la Densidad Máxima Seca para 0.1" de penetración más favorable en las 04 calicatas (C – 01, C – 04, C – 07 y C – 10), se da cuando se le adiciona al ensayo 21.23 cm³ de Aditivo Sika Dust Seal, originando así un aumento significativo de C.B.R con respecto a los ensayos C.B.R. patrón (sin aditivo).

Así también nos indica que el aumento del C.B.R. al 100% de la Densidad Máxima Seca para 0.1" de penetración más favorable en las 04 calicatas (C – 01, C – 04, C – 07 y C – 10), se da cuando se le adiciona al ensayo 21.23 cm³ de Aditivo Sika Dust Seal, originando así un aumento significativo de C.B.R con respecto a los ensayos C.B.R. patrón (sin aditivo).

5.3 Estudio de tráfico

«El diseño de un camino responde a una necesidad social y económicamente justificada. Ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener el camino que se proyecta, para que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere el servicio, normalmente en situación de limitaciones muy estrechas se recursos locales y nacionales» (MTC, 2008).



En el presente informe para el conteo de tráfico ha sido necesario efectuar un análisis básico del comportamiento del tránsito que se presenta por la influencia que ejerce sobre otros centros poblados.

5.3.1 Objetivos del estudio de tráfico

- Cuantificar, clasificar y conocer el flujo de vehículos ligeros y pesados entre el punto de origen y destino del tramo que se movilizan por el camino vecinal: Tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.
- Determinar el Índice Medio Diario del tramo en estudio.
- Determinar la demanda de transporte de la población usuaria.
- Determinar el origen y destino de los viajes de cada vehículo ya sea de carga o pasajero
- Identificar las características del tráfico vehicular que circula en el tramo.
- Cuantificar el volumen de tránsito que circula por el camino vecinal.

5.3.2 Datos generales de la vía.

Localización Geográfica.

Región	: Apurímac
Provincia	: Aymaraes
Distrito	: Tintay
Centro poblado involucrados	: San Mateo, Chaccota, Ccollonta y Punopata
Sector de Tramo	: EMP. PE-30A (Antarumi) – EMP. AP-588 (San Mateo)
Altitud	: 2,772.00 msnm.
Superficie	: 136.58 km ²
Código Ubigeo	: 030415
Latitud	: 13°56'46'' Sur.
Longitud	: 73°13'30'' Oeste.



Tabla 29 — Coordenadas UTM

COORDENADAS UTM	
E = 704985.482	N = 8457951.455

Tabla 30 — Acceso a la zona de estudio de la investigación

DISTANCIAS DESDE LIMA HACIA LA ZONA DEL PROYECTO				
Tramo	Distancia Km	Ruta	Tipo Superficie	Tiempo
Lima – Nazca	450 km	1S Panamericana Sur	Asfaltada	7.0 hrs y 30 min.
Nazca – Puquio	157 km	30 A	Asfaltada	1.0 hrs y 29 min.
Puquio –Chalhuanca	287 km	30 A	Asfaltada	3.0 hrs.
Chalhuanca – Antarumi	70.500 km	30 A	Asfaltada	1.0 hrs.
Antarumi – San Mateo	10.225 km	30 B	Afirmado	40 hrs.

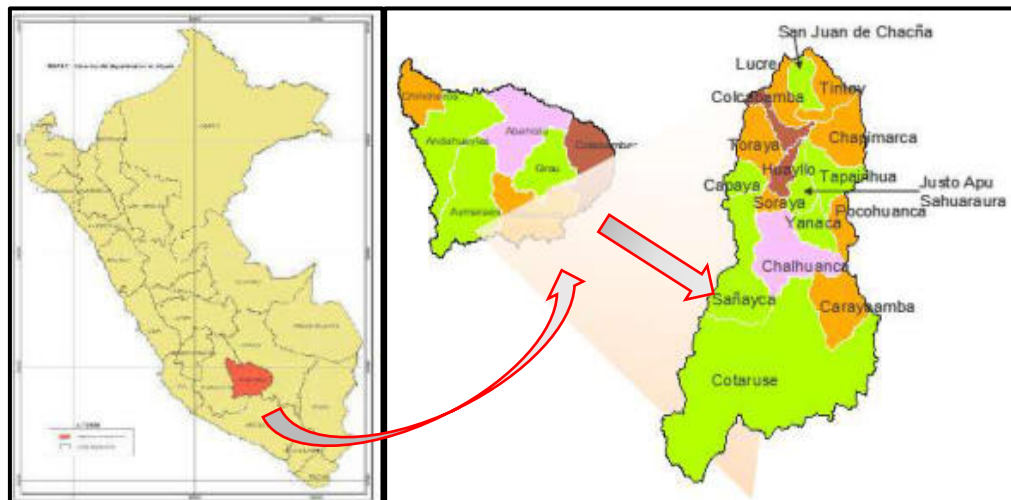


Figura 18 — Macro localización (ubicación del distrito de Tintay)

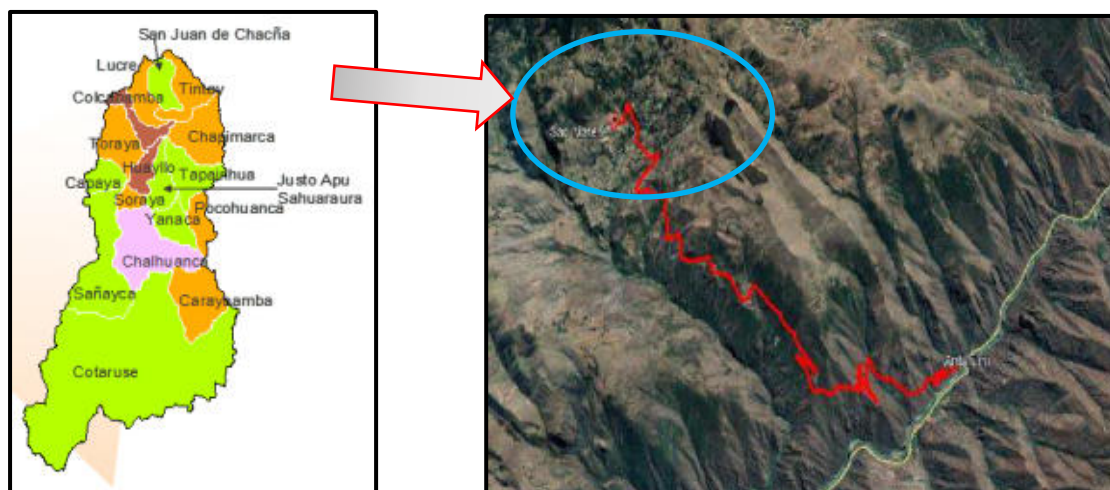


Figura 19 — Microlocalización centro poblado de San Mateo

5.3.3 Descripción del estado de la vía

La trocha carrozable existente entre Antarumi y San Mateo, se encuentra en mal estado de conservación. Se observan innumerables huecos y baches, así como una superficie de rodadura en muy mal estado.

Se aprecia además desgaste mecánico de la superficie de rodadura, encontrándose tramos con pérdida de material aglutinante lo cual conlleva a que exista una saturación de material arenoso lo que genera ahuellamientos y baches, predominantemente.

Por esta vía transitan vehículos ligeros y pesados con alta frecuencia a diario, con elevados gastos de mantenimiento en sus unidades vehiculares, lo que provoca que la población de San Mateo acceda a un deficiente y caro servicio de transporte.

Actualmente, los transportistas también muestran su malestar por el estado actual de la carretera, ya que deben enfrentarse a una vía en mal estado con presencia de huecos, baches, falta de señalización, superficie de rodadura desgastada y mal conservada, así como falta de obras de arte. Así como también el malestar de la población beneficiaria, porque deben a diario transitar por esta vía en mal estado poniendo en riesgo sus vidas, así como también el transporte de sus productos a los principales mercados de la provincia de Aymaraes, de Abancay y Andahuaylas, con el mejoramiento de la vía podrán acceder a una vía en buen estado, donde podrán disminuir sus riesgos y sus gastos de transporte y producción.

5.3.4 Análisis de la información y resultados obtenidos

Los conteos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soporta la carretera en estudio, así como la composición vehicular, y variación diaria y horaria. Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo en índice Medio Diario Anual (IMDA), se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{IMDA} = \frac{(\text{VDL1} + \text{VDL2} + \text{VDL3} + \text{VDL4} + \text{VDL5} + \text{VDSab} + \text{VDDom})}{7} \times \text{F.C.E}$$

Donde:

- VDL1+VDL2+VDL3+VDL4+VDL5: Volumen de tráfico registrados en los días laborales.
- VDSab: Volumen de tráfico registrados sábado.
- VDDom: Volumen de tráfico registrados domingo.
- FCE: Factor de corrección estacional.
- IMDA: Índice medio diario anual.

5.3.5 Conteo de tráfico vehicular clasificado

Tabla 31 — Conteo del tráfico vehicular en ambos sentido|s

	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	
AUTO	12	10	14	11	13	9	12	81
STATION WAGON	4	3	4	5	5	3	3	27
CMTA PICKUP	2	1	2	1	1	1	1	9
MINIVAN	2	1	1	0	0	1	2	7
OMNIBUS 2E	1	1	1	0	1	1	0	5
CAMION 2E	1	1	2	1	0	1	1	7
TOTAL DIARIO	22	17	24	18	20	16	19	136



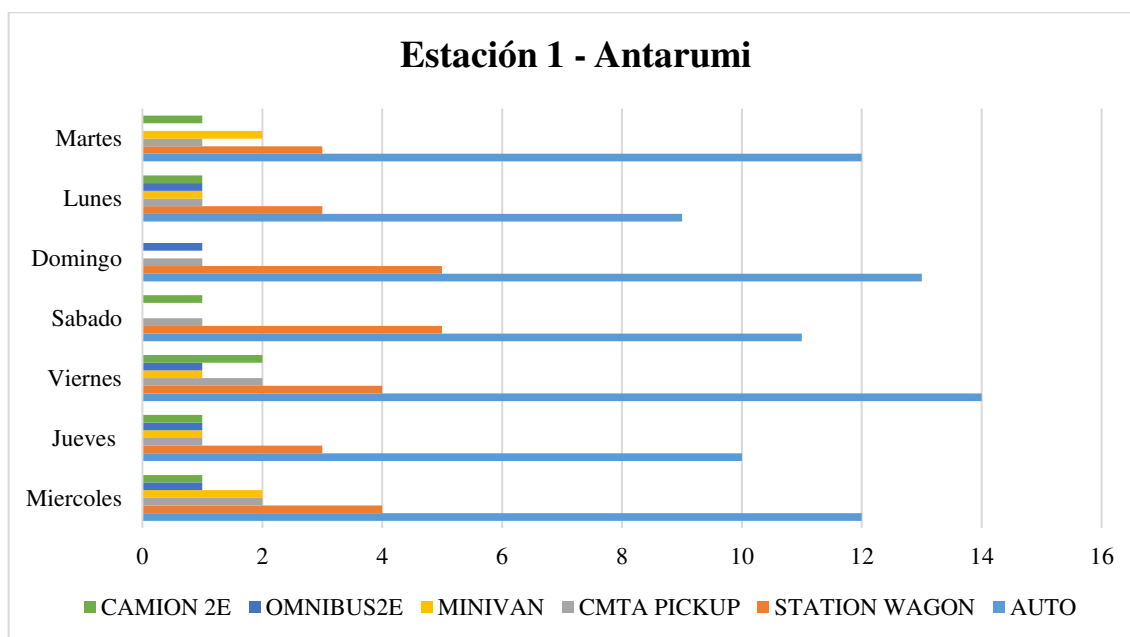


Figura 20 — Resumen de conteo del Tráfico Vehicular en la Estación 1 – Antarumi

Según el gráfico podemos decir que durante la semana se tiene mayor flujo vehicular de autos en una cantidad total de 81 vehículos, seguidamente de los Station Wagon con un total de 27 vehículos.

5.4 Determinar la dosificación óptima en la aplicación del aditivo Sika Dust Seal

Se va evaluar la dosificación óptima en cada calicata. Como se ve en la tabla de resumen los datos obtenidos del ensayo del CBR en la calicata 01.

Calicata 01

Tabla 32 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 01

ITEM	DOSIFICACIÓN (L/m ³)	DESCRIPCIÓN	PENETRACIÓN
			0.1"
1	Sin Aditivo	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	36.68
2	5	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	41.03
3	10	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	66.23
4	15	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	55.45

De los datos registrados del ensayo de CBR se puede observar que la dosificación óptima es de 10 (L/m³), el cual nos da un valor más alto de 66.23 %. Seguidamente se tiene la mejora considerable al aplicar una dosificación de 5 (L/m³) con un CBR de 41.03 %.



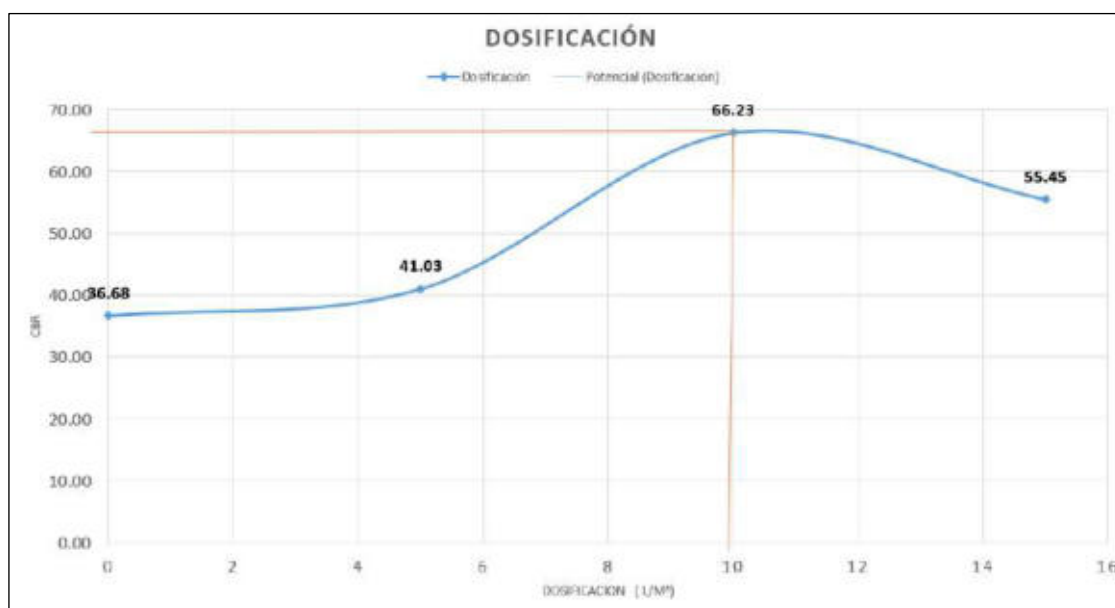


Figura 21 — Dosificación óptima C – 01

Para la calicata C - 01 en figura se observa la relación entre el CBR y la dosificación del aditivo Sika Dust Seal en donde se puede apreciar el valor máximo con respecto a la dosificación. En el caso de la C - 01 el valor más alto es de 66.23% de CBR con una dosificación de 10 (L/m³) lo cual nos indica que es la dosificación más óptima del aditivo, así mismo al modificar la dosificación a 15 (L/m³), el CBR disminuye a un 55.45 % de CBR.

Calicata 04

Tabla 33 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 04

ÍTEM	DOSIFICACIÓN (L/m³)	DESCRIPCIÓN	PENETRACIÓN
			0.1"
1	Sin Aditivo	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	44.46
2	5	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	65.59
3	10	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	84.83
4	15	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	60.51

De los datos registrados del ensayo de CBR se puede observar que la dosificación óptima es de 10 (L/m³), el cual nos da un valor más alto de 84.83 %. Seguidamente se tiene la mejora considerable al aplicar una dosificación de 5 (L/m³) con un CBR de 65.59 %.

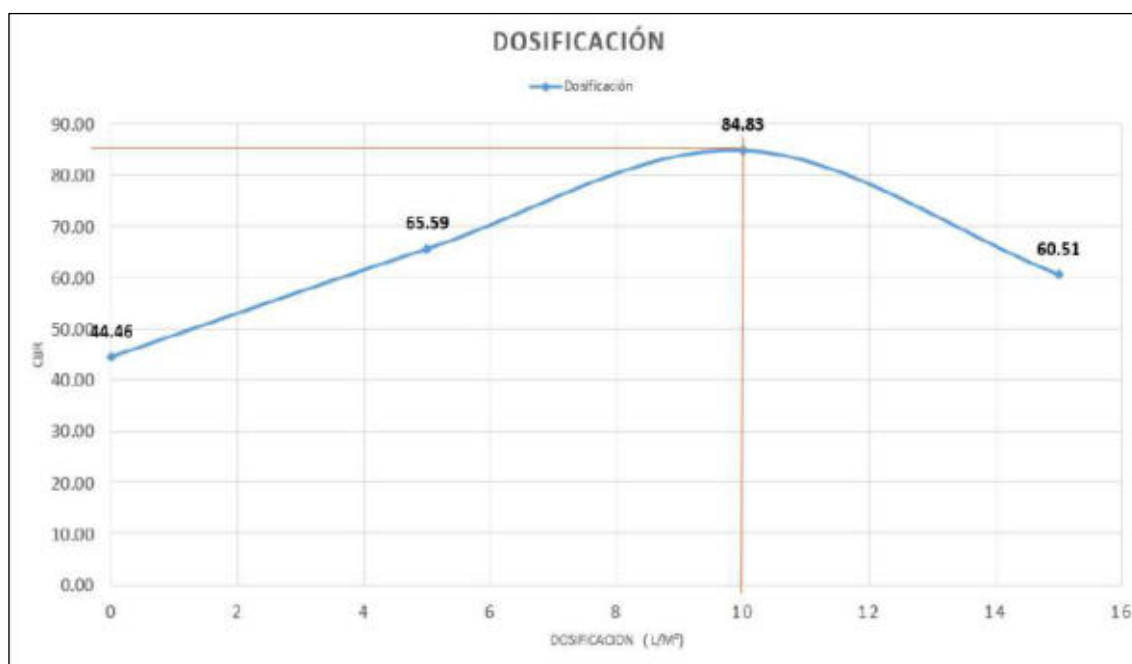


Figura 22 — Dosificación óptima C – 04

Para la calicata C - 04 en la figura se observa la relación entre el CBR y la dosificación del aditivo Sika Dust Seal en donde se puede apreciar el valor máximo con respecto a la dosificación. En el caso de la C - 04 el valor más alto es de 84.83 % de CBR con una dosificación de 10 (L/m³) lo cual nos indica que es la dosificación más óptima del aditivo, así mismo al modificar la dosificación a 15 (L/m³), el CBR disminuye a un 60.51 % de CBR.

Calicata 07

Tabla 34 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 07

ÍTEM	DOSIFICACIÓN (L/m³)	DESCRIPCIÓN	PENETRACIÓN
			0.1"
1	Sin Aditivo	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	41.65
2	5	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	53.56
3	10	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	66.86
4	15	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	57.97

De los datos registrados del ensayo de CBR se puede observar que la dosificación óptima es de 10 (L/m³), el cual nos da un valor más alto de 66.86 %. Seguidamente se tiene la mejora considerable al aplicar una dosificación de 5 (L/m³) con un CBR de 57.97 %.



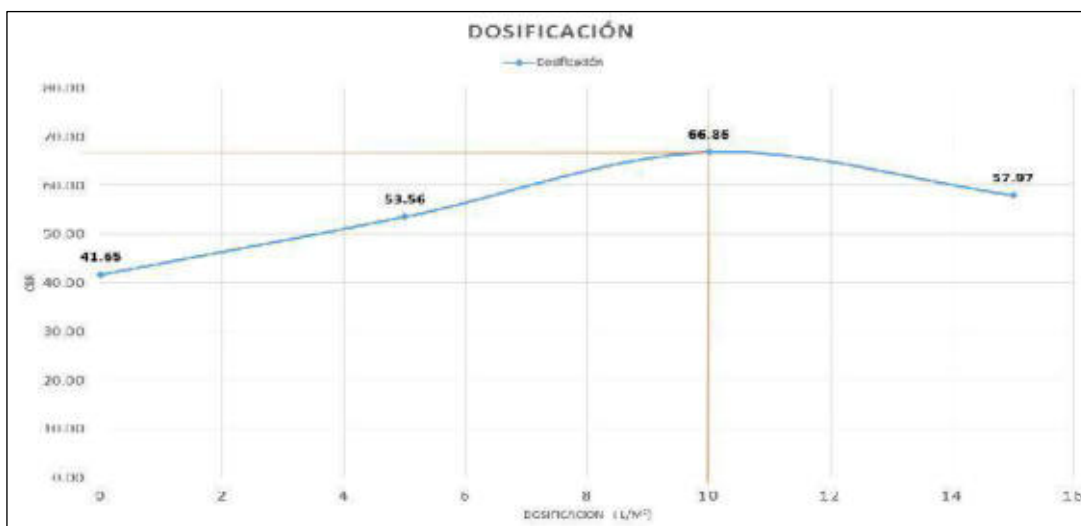


Figura 23 — Dosificación óptima C – 07

Para la calicata C - 07 en la figura se observa la relación entre el CBR y la dosificación del aditivo Sika Dust Seal en donde se puede apreciar el valor máximo con respecto a la dosificación. En el caso de la C - 07 el valor más alto es de 66.86 % de CBR con una dosificación de 10 (L/m³) lo cual nos indica que es la dosificación más óptima del aditivo, así mismo al modificar la dosificación a 15 (L/m³), el CBR disminuye a un 57.97 % de CBR.

Calicata 10

Tabla 35 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 10

ÍTEM	DOSIFICACIÓN (L/m³)	DESCRIPCIÓN	PENETRACIÓN
			0.1"
1	Sin Aditivo	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	37.30
2	5	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	56.39
3	10	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	68.14
4	15	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	60.19

De los datos registrados del ensayo de CBR se puede observar que la dosificación óptima es de 10 (L/m³), el cual nos da un valor más alto de 68.14 %. Seguidamente se tiene la mejora considerable al aplicar una dosificación de 5 (L/m³) con un CBR de 56.39 %.



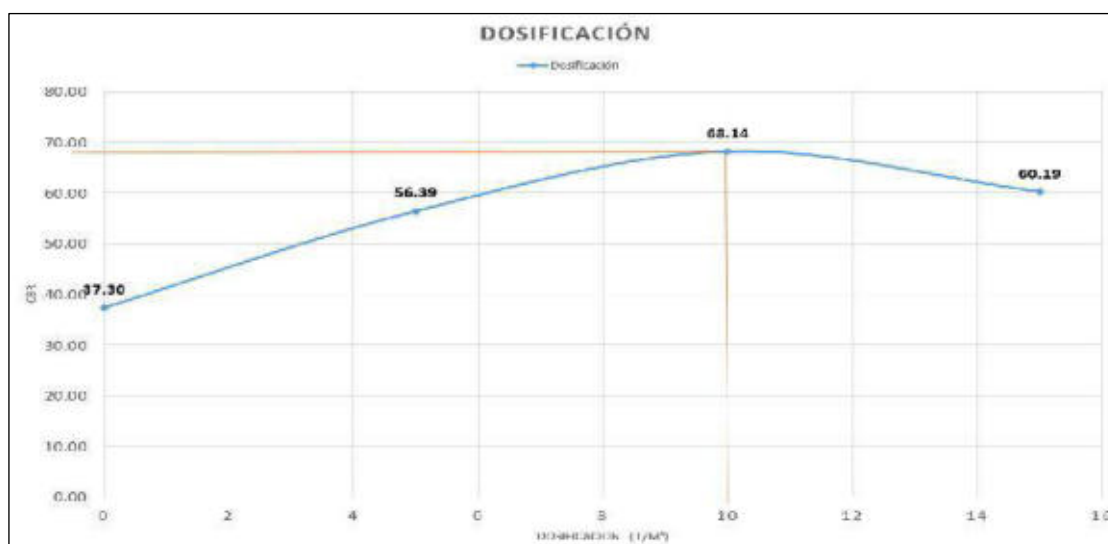


Figura 24 — Dosificación óptima C – 10

Para la calicata C - 10 en la figura se observa la relación entre el CBR y la dosificación de aditivo Sika Dust Seal en donde se puede apreciar el valor máximo con respecto a la dosificación. En el caso de la C - 10 el valor más alto es de 68.18 % de CBR con una dosificación de 10 (L/m³) lo cual nos indica que es la dosificación más óptima del aditivo, así mismo al modificar la dosificación a 15 (L/m³), el CBR disminuye a un 60.19 % de CBR.

5.5 Discusión

5.5.1 Capacidad de soporte CBR

En la presente investigación respecto a la capacidad de soporte CBR de acuerdo a los resultados obtenidos se nota que con la aplicación del Aditivo Sika Dust Seal en los ensayos de CBR con dosificaciones de 0.75L/m² equivalente a 5L/m³, 1.5L/m² equivalente a 10L/m³ y 2.25 L/m² equivalente a 15L/m³ valores calculados en base a la ficha técnica del aditivo. Las dosificaciones calculadas a partir de la ficha técnica del Aditivo dieron buenos resultados en la mayoría de ensayos principalmente en las calicatas 01, 04 y 10 donde existen incrementos mayores al 35% con respecto al CBR sin aditivo para las dosificaciones de 5L/m³ y 10L/m³. Sin embargo, con la dosificación de 15L/m³ en las 04 calicatas se muestra una disminución de la capacidad de soporte CBR con respecto al CBR inicial sin aditivo.

(NIETO, 2019) en su tesis denominada “Evaluación del uso de aditivos químicos no tradicionales como estabilizadores de suelos limosos para caminos productivos de bajo volumen de tránsito”, empleo aditivos sólidos habituales como son Cal Viva y Cemento Portland, los cuales incrementan la capacidad de resistencia de las

superficies limosas que fueron sometidos a estudio. Así mismo, se realizó la adición de los aditivos no tradicionales B y P, para evaluar cuáles son los efectos que produce cuando se aplica al combinar con la Cal Viva y el Cemento Portland.

5.5.2 Dosificación óptima en la aplicación del aditivo Sika Dust Seal

Revisando cada uno de los resultados obtenidos en laboratorio, se tomará como caso de análisis la calicata C - 01, ya que las condiciones de servicio o el material estudiado nos da el menor CBR que es de 36.68 % sin aditivo.

Calicata 01

Tabla 36 — Resultados de CBR 0.1" de penetración - C 01

ÍTEM	DOSIFICACIÓN (L/m ³)	DESCRIPCIÓN	PENETRACIÓN
			0.1"
1	Sin Aditivo	C.B.R. al 100% de M.D.S.	36.68
2	5	C.B.R. al 100% de M.D.S.	41.03
3	10	C.B.R. al 100% de M.D.S.	66.23
4	15	C.B.R. al 100% de M.D.S.	55.45

«Un buen material para capa superficial de afirmado deberá estar constituido principalmente de grava triturada y arena gruesa con partículas más finas para llenar los vacíos y una porción pequeña de arcilla para actuar como ligante. El material debe ser de buena estabilidad, resistente a la abrasión. No permitir el levantamiento de polvo que provoque un mínimo desgaste de neumáticos, económico y de fácil mantenimiento» (MTC, 2014).

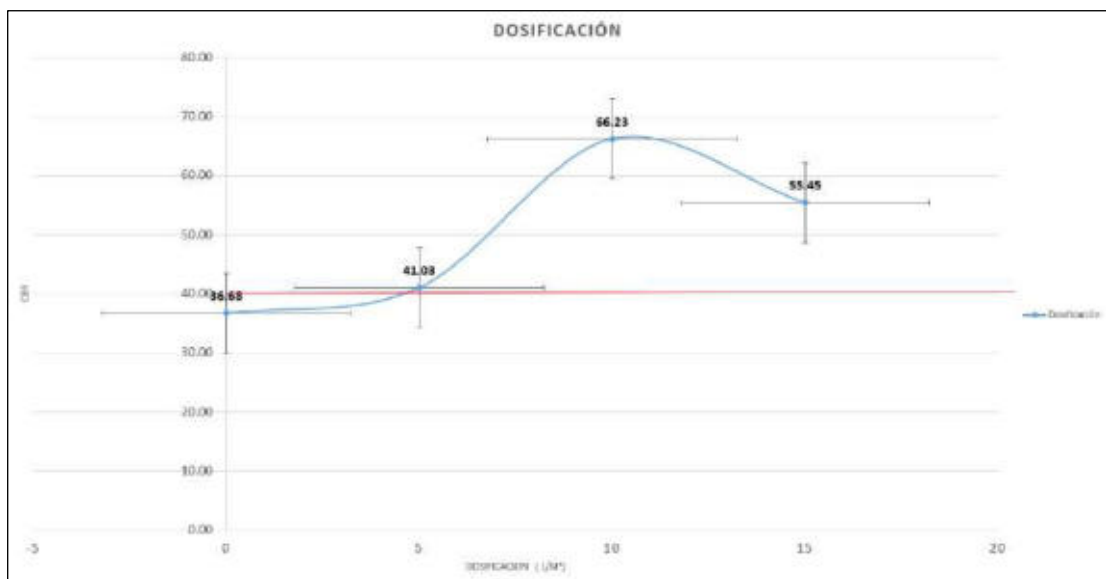


Figura 25 — CBR de la capa superficial como parámetro

De acuerdo a la figura se puede apreciar la relación del CBR y la dosificación, con ello se determinó que la muestra de suelo sin la aplicación del aditivo tiene un CBR de 36.68%, sin embargo, se puede apreciar que el CBR máximo es de 66.23 % con una dosificación de 10 (L/m³), concluyendo que si existe una mejora considerable en la capacidad de soporte de suelo.

Haciendo la evaluación según el Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en la Sección de Suelos y Pavimentos indica que el CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40 %, esta se obtiene al aplicar el aditivo con una dosificación mínima de 5 (L/m³), teniendo como CBR igual a 41.03 %. En donde la mejora se da en un 4.35 % mientras que para la dosificación óptima de 10 (L/m³) la mejora es de 23.55 %.

«El CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40%» (MTC, 2014).



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- En esta investigación se determinó que el grado de influencia de la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, es muy significativo.
- En esta investigación se demostró que la aplicación del aditivo Sika Dust Seal tiene una influencia en el (CBR), por ende, en la estabilidad del suelo debido a que, al incrementar la capacidad de soporte se incrementará la durabilidad de la vía.
- La aplicación del polímero Sika Dust Seal tiene una relación directa con la capacidad de soporte en caminos no pavimentados, debido a que con la aplicación de este se demostró el incremento de la capacidad de soporte para una dosificación de 10L/m³ en comparación del material ensayado sin aditivo.
- La dosificación de la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en caminos no pavimentados, influye de manera positiva, ya que se logran mejores resultados considerando una dosificación óptima de 10 (L/m³) llegando a obtener un CBR de 66.23% cuyo resultado representa una mejora del 23.55 % con respecto al ensayo de CBR sin aditivo. Sin embargo, aplicando una dosificación de 5 (L/m³) aumentamos el CBR a 41.03 %. con el que se cumple superar el 40% de CBR exigido por la norma, aumentando así el CBR en un 4.35 % con respecto al ensayo de CBR sin aditivo.
- Se logró evaluar la capacidad de soporte de las muestras extraídas con la aplicación del aditivo Sika Dust Seal a dosificaciones de 5 L/m³, 10 L/m³ y 15 L/m³, mediante el ensayo de CBR y se demuestra que la capacidad de soporte del suelo con una dosificación de 10 L/ m³ se obtienen mejores resultados.
- Se logró evaluar la capacidad de soporte de las muestras extraídas con la aplicación del aditivo Sika Dust Seal a dosificaciones de 5 L/m³, 10 L/m³ y 15 L/m³, mediante el ensayo de CBR y se demuestra que la capacidad de soporte del suelo con una dosificación de 15 L/ m³ disminuye.
- La importancia de los ensayos de laboratorio para los trabajos de investigación influye significativamente en el desarrollo de nuevas propuestas innovadores, así mismo la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en las muestras de suelos se realizó con fines de investigación y poder conocer la relación que tiene este sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo estudiado.



6.2 Recomendaciones

- Para lograr resultados favorables se recomienda realizar de forma correcta todos los ensayos de laboratorio rigiéndose a las normativas vigentes, para que de esa manera se obtengan resultados más confiables.
- Se recomienda hacer una evaluación de las condiciones de servicios de la red vial tomando en consideración las propiedades geotécnicas que esta tiene de tal manera poder plantear mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas del suelo ya sea con aditivos que son conocidos en el mercado como es la estabilización con cal, cemento o haciendo uso de aditivos alternativos.
- Para lograr mejoras en la estabilización del suelo, se recomienda hacer un uso adecuado de los aditivos en relación a los porcentajes de aplicación, ya que este factor condicionará los tiempo y costos de ejecución de las obras viales.
- Continuar con el estudio de la estabilización de suelos con diferentes tipos de aditivos en las diferentes marcas que se puedan encontrar en el mercado nacional con el objetivo de mejorar la calidad de nuestras vías y así de esa manera dinamizar la economía nacional, considerando que el aditivo tendrá diferente comportamiento dependiendo de las características del suelo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, J, JIMÉNEZ, M Y BENÍTEZ, R. 2020.** <https://www.scielo.cl/>. [En línea] 05 de 01 de 2020. <https://www.scielo.cl/pdf/ric/v35n1/0718-5073-ric-35-01-5.pdf>.
- BRAJA-M. DAS. 2015.** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica IV Edición.* 2015.
- CCOILLO-INCA, I. 2017.** *Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria La Molina-2016.* Lima-Perú.: 2017. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.
- DE-LA-CRUZ-GUTIERREZ, L. y K. SALCEDO-ROJAS. 2016.** *Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junín.* Huancayo : s.n., 2016. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.
- FLORIAN-TIRADO, C. y C. JARA-GAMARRA. 2021.** *Influencia del porcentaje en la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente sobre la estabilización de la mezcla suelo - sedimento para uso en vías, Trujillo, 2021.* Trujillo : s.n., 2021. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R, FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA-LUCIO, P. 2014.** *Metodología de la investigación.* México : McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2014. pág. 600. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- JUAREZ-BADILLO, E. y A. RICO-RODRÍGUEZ. 2005.** *Mecánica de suelos. Tomo I Fundamentos de la Mecánica de Suelos.* s.l. : Limusa, 2005.
- MTC. 2013.** *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial.* 2013.
- MTC. 2014.** *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.* Lima : s.n., 2014.
- MTC. 2017.** *Manual de ensayos de materiales.* Lima : s.n., 2017.



MTC. 2008. *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.* 2008.

NIETO-VEGA, J. 2019. *Evaluación del uso de aditivos químicos no tradicionales como estabilizadores de suelos limosos para caminos productivos de bajo volumen de tránsito.* Chile : s.n., 2019. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

ROLDAN-DE-PAZ, J. 2010. *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases.* Guatemala : s.n., 2010. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

SIKA-PERU S.A.C . 2014. Hoja Técnica Sika Dust Seal PE. [En línea] 2014.

SUÁREZ-DIAZ , J. 2017. *Soil Stabilization for Roads and Airfields. CHAPTER 9.* 2017.

TORRES-MORA, Y. 2019. *Estabilización de suelos cohesivos utilizando escoria de cobre para su uso como subrasante mejorada.* Lima : s.n., 2019. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

VALLE-AREAS, W. 2010. *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos.* Madrid : s.n., 2010. Tesis para optar el Grado Académico de Magister.

VARA-HORNA, A. 2012. *Desde La Idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales.* Lima : s.n., 2012. pág. 451.

YEPES-PIQUERAS, V. 2014. Universidad Politecnica de Valencia. [En línea] 2014. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>.



ANEXOS



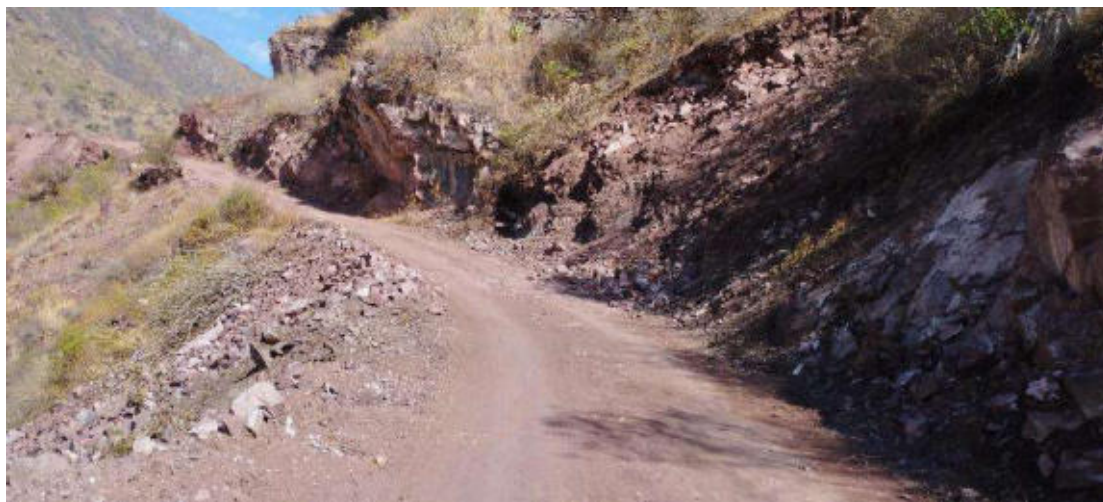
ANEXO 1: Panel fotográfico de trabajos en campo



Progresiva:	3 + 000
Descripción:	Inicio de trabajo de campo



Progresiva:	1+500 km
Descripción:	Formación Geológica.



Progresiva:	2+500 km
Descripción:	Estado situacional actual de la vía.



Progresiva:	0+000
Descripción:	Extracción de muestras para realización de ensayos en laboratorio.



Progresiva:	9 + 000
Descripción:	Extracción de muestras para realización de ensayos en laboratorio.



Progresiva:	0 + 000
Descripción:	Ancho de la vía en estudio: 4.60 m



Progresiva:	9 + 000
Descripción:	Ancho de la carretera: 3.95 m



Progresiva:	0 + 000
Descripción:	Registro de conteo vehicular

ANEXO 2: Panel fotográfico de trabajos en laboratorio

	
Descripción	Muestras de suelo llevados a laboratorio
	
Descripción	Tamices a ser usados para el Análisis granulométrico
	
Descripción	Pesado de la muestra de suelo para el tamizado



Descripción	Análisis granulométrico por tamizado
--------------------	--------------------------------------



Descripción	Pesado de la muestra retenida en cada tamiz
--------------------	---



Descripción	Pesado de la muestra retenida en el tamiz nro.50
--------------------	--



Descripción

Análisis granulométrico Muestra 1



Descripción

Análisis granulométrico Muestra 10



Descripción

Procedimiento para obtener limite líquido y limite plástico



Descripción

Pesado de la Muestra para ser tamizado



Descripción

Cuarteo de la muestra a ser utilizado



Descripción

Golpes con el martillo en el ensayo de Proctor Modificado



Descripción

Enrazado del Molde de Proctor Modificado



Descripción

Procedimiento para obtener CBR de las muestras estudiadas sin aditivo



Descripción

Procedimiento para obtener CBR de las muestras estudiadas con aditivo



Descripción

Procedimiento para obtener CBR de la Calicata 04



Descripción

Procedimiento para obtener CBR de Calicata 04 + Aditivo



Descripción

Procedimiento para obtener CBR de Calicata 01

ANEXO 3: Resultados

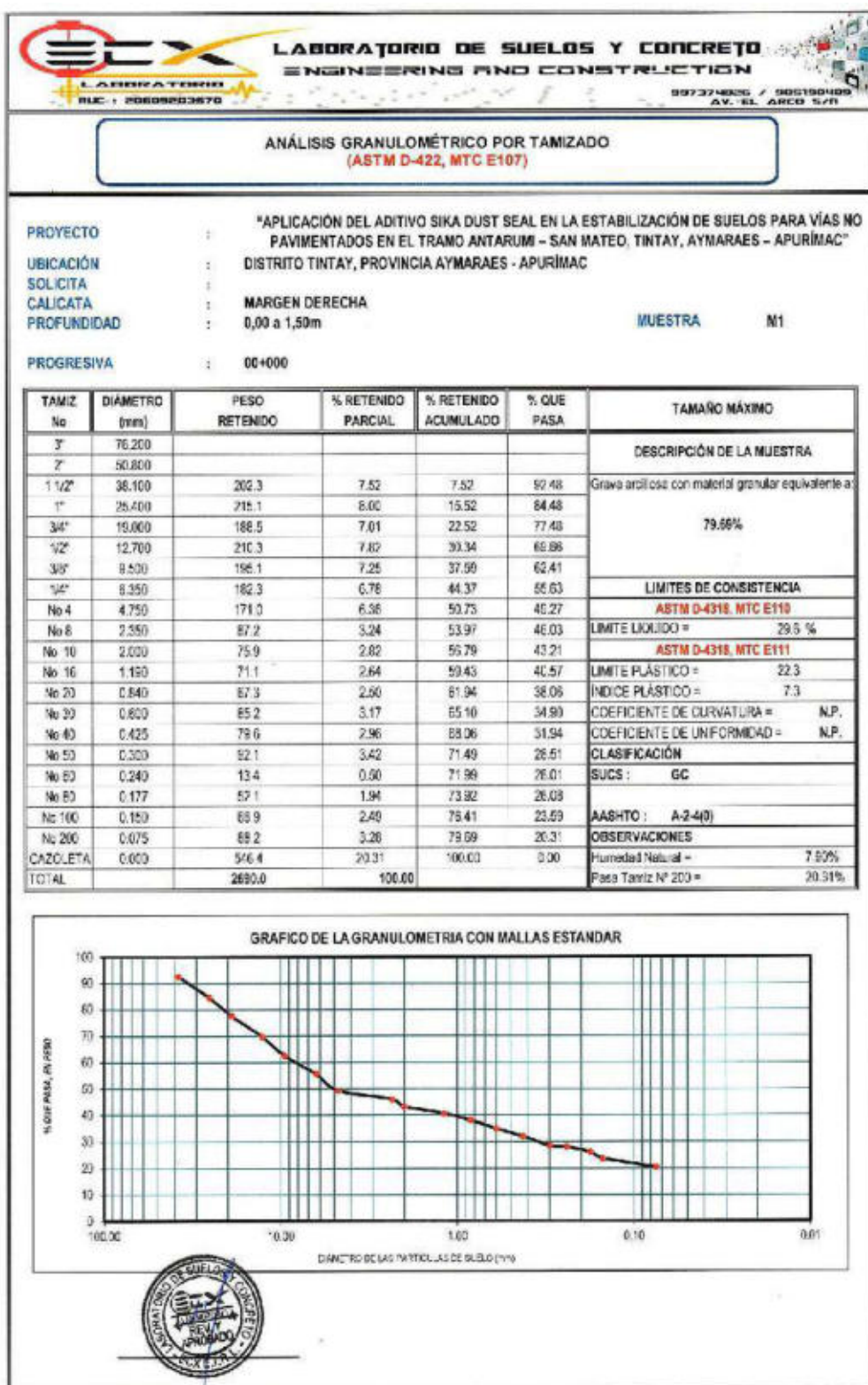


Figura 26 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 01 – C 01

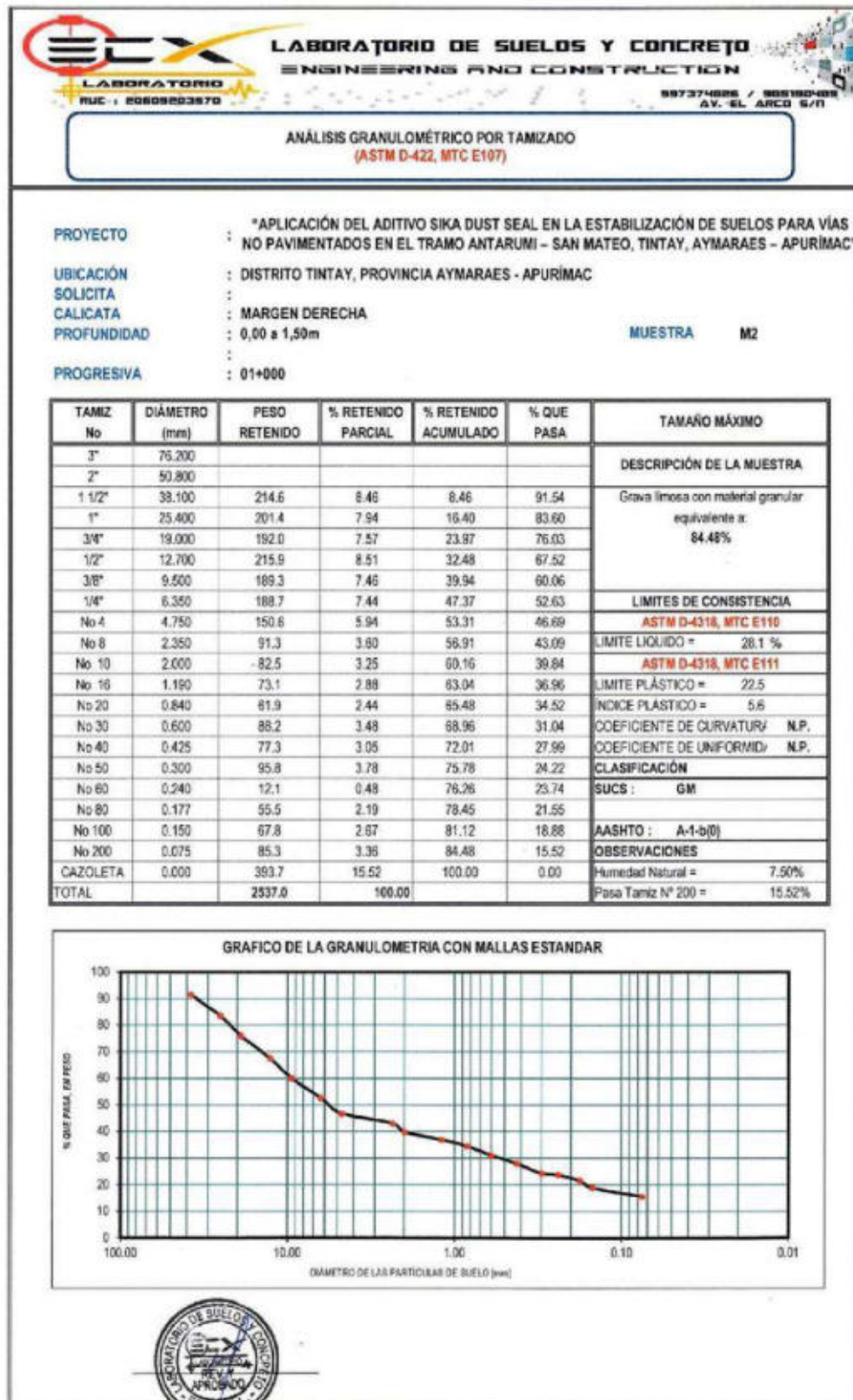


Figura 27 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 02

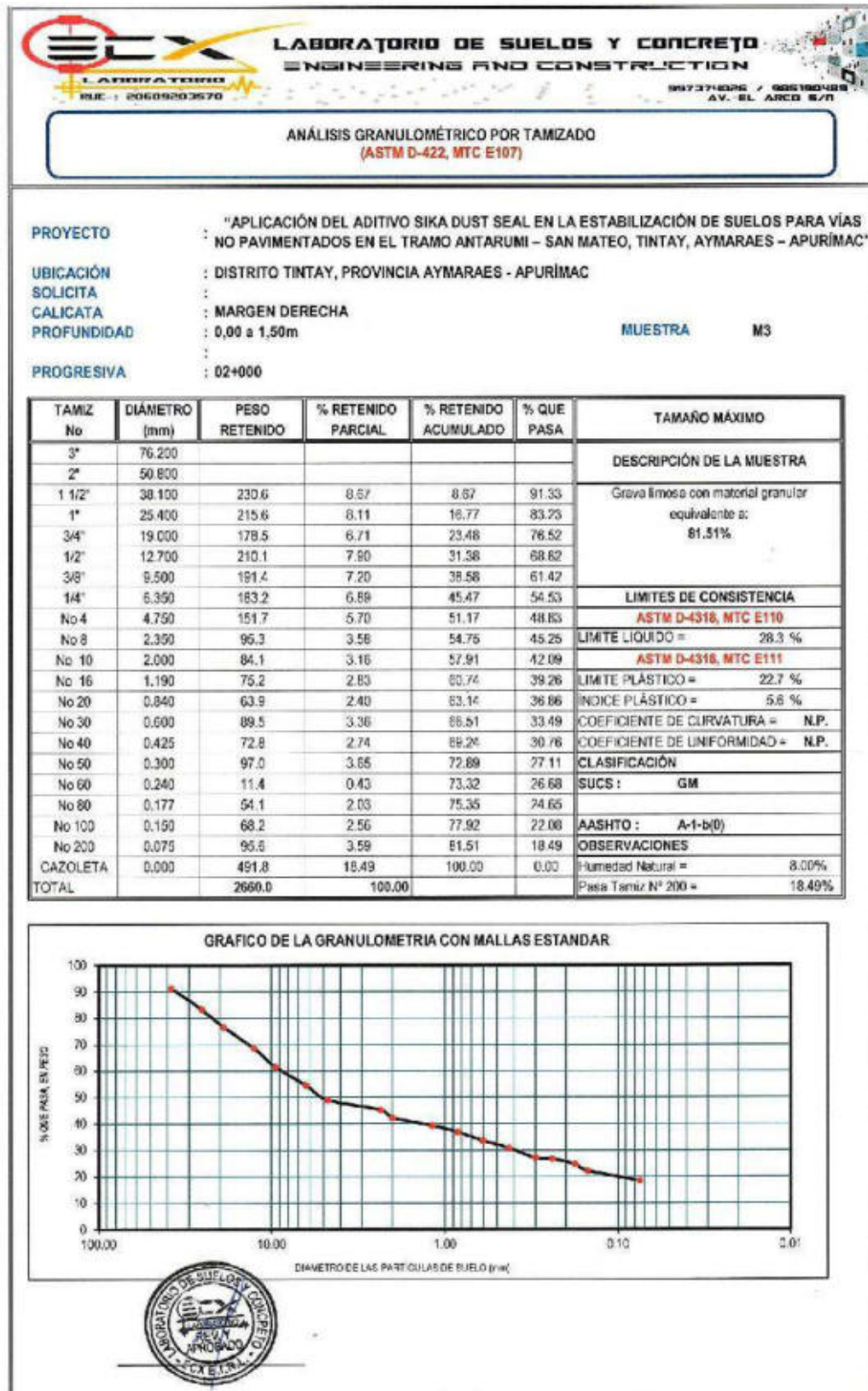


Figura 28 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 03

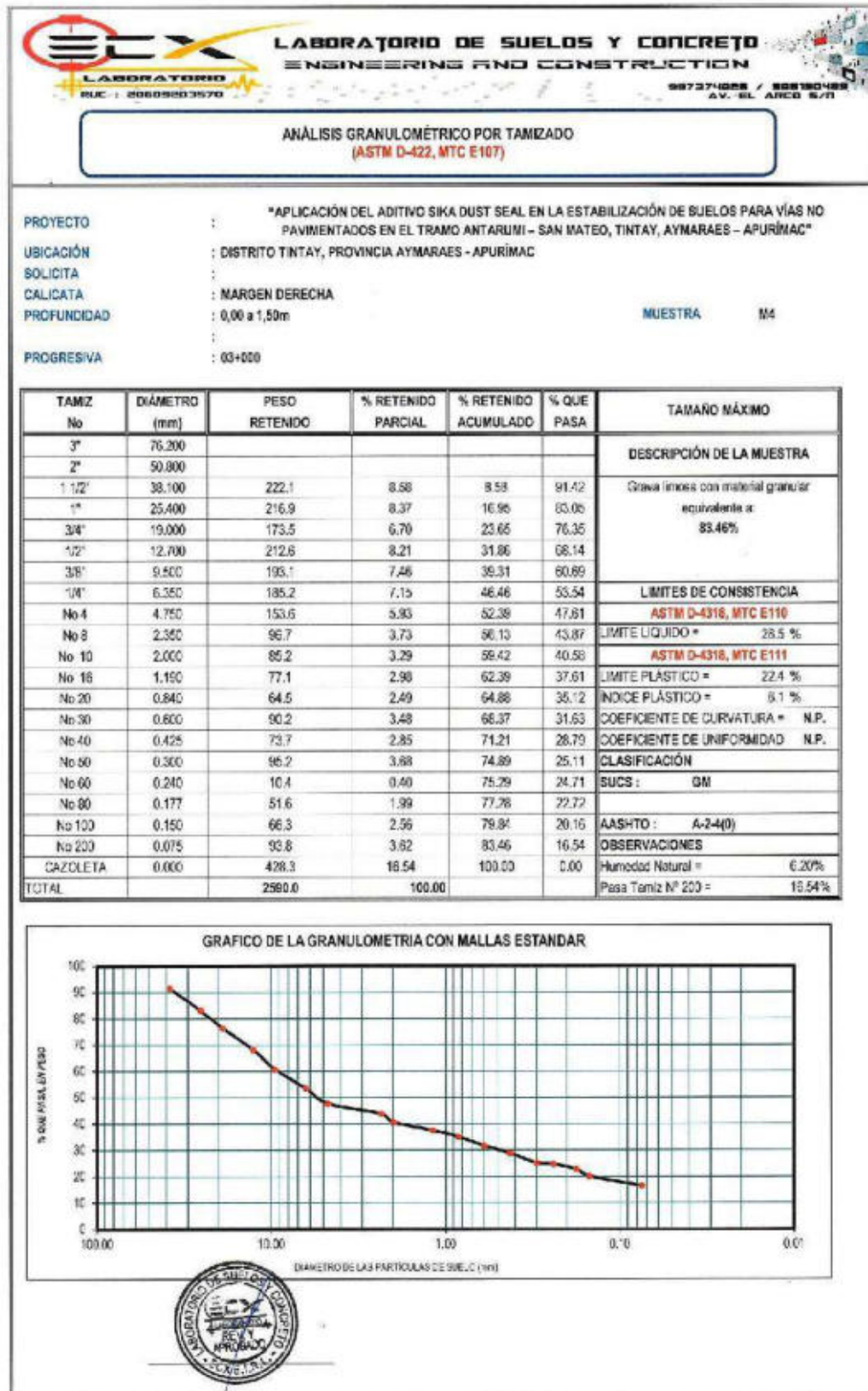


Figura 29 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 04 – C 04

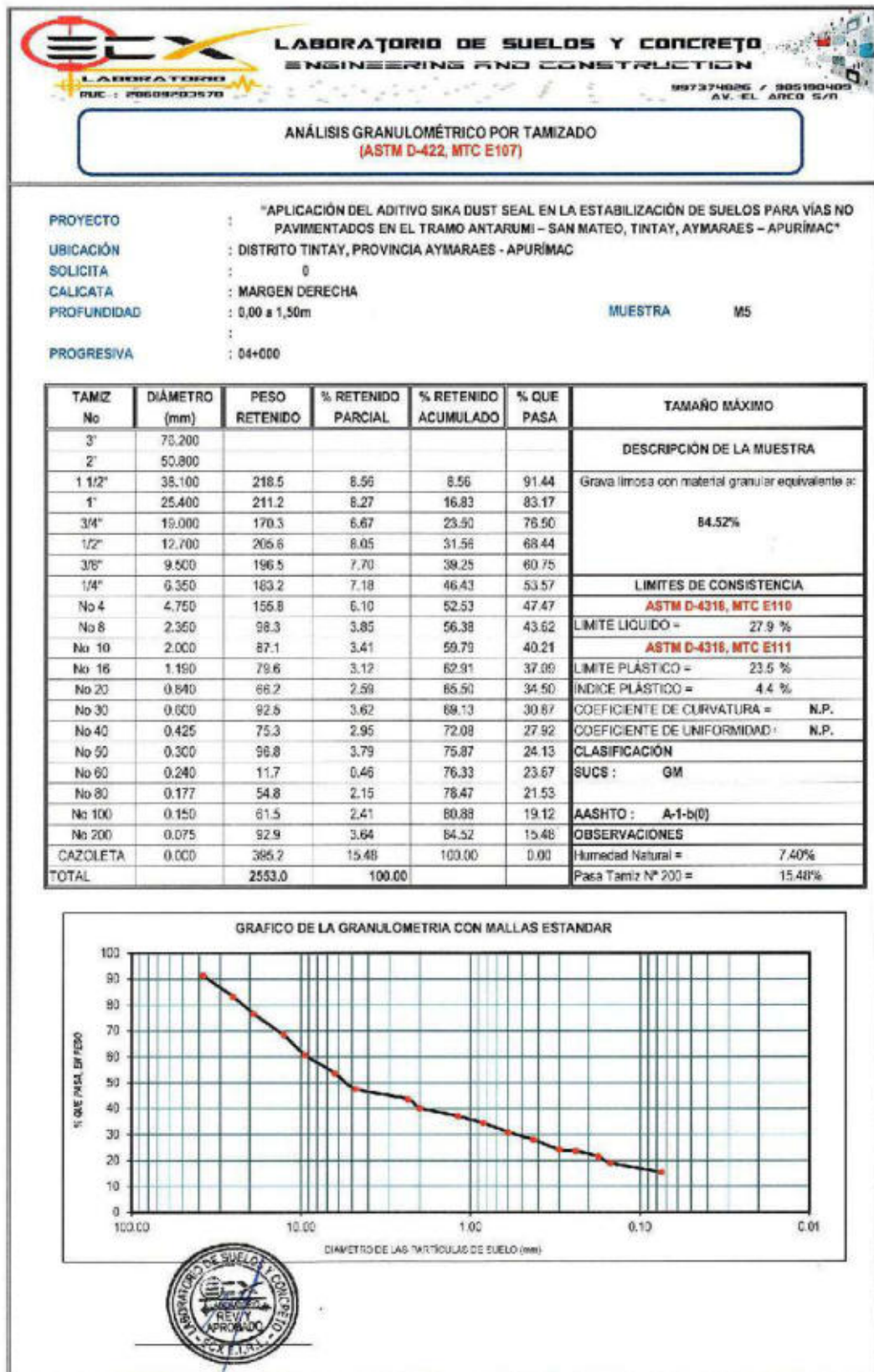


Figura 30 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 05

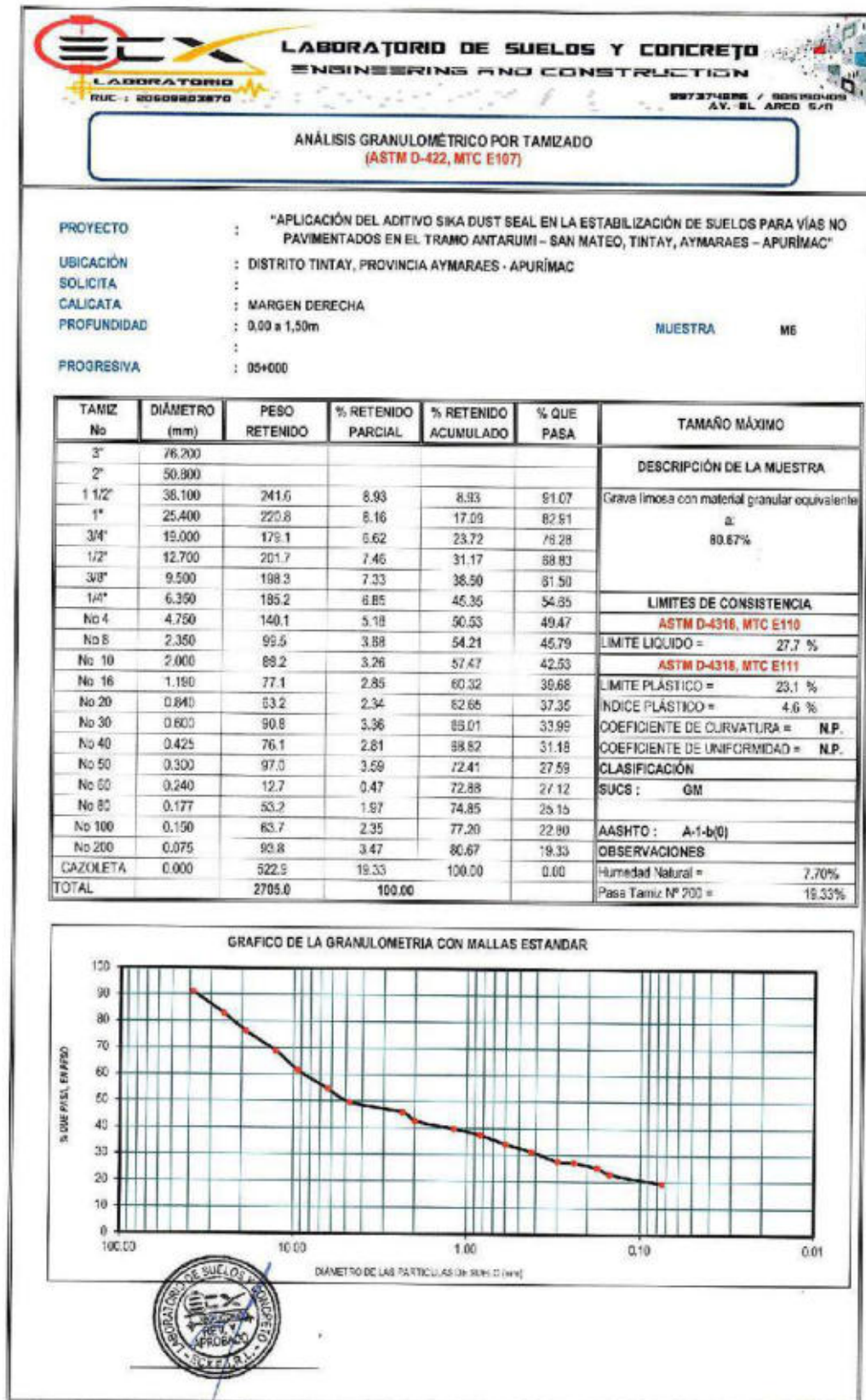


Figura 31 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 06

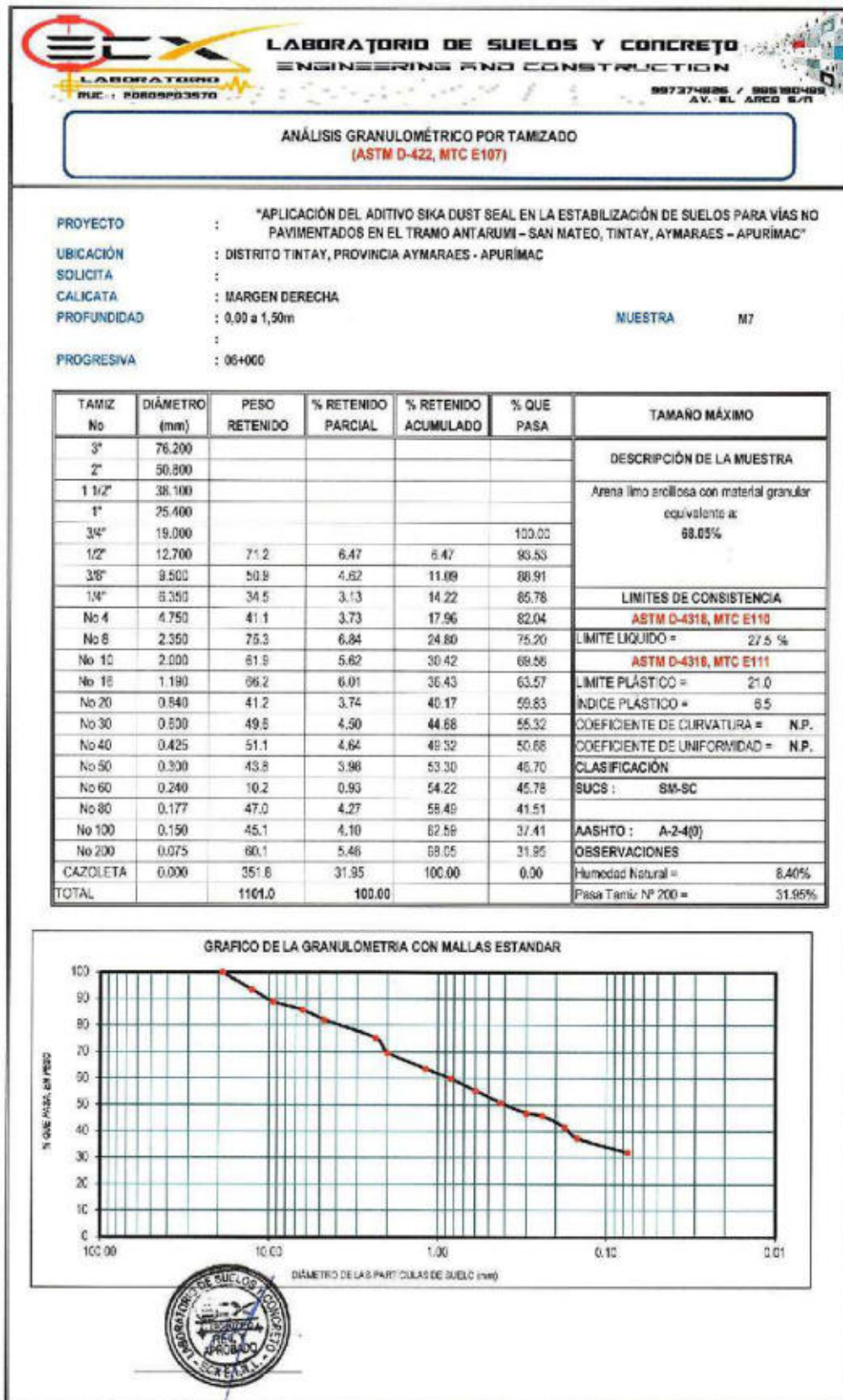


Figura 32 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 07 – C 07

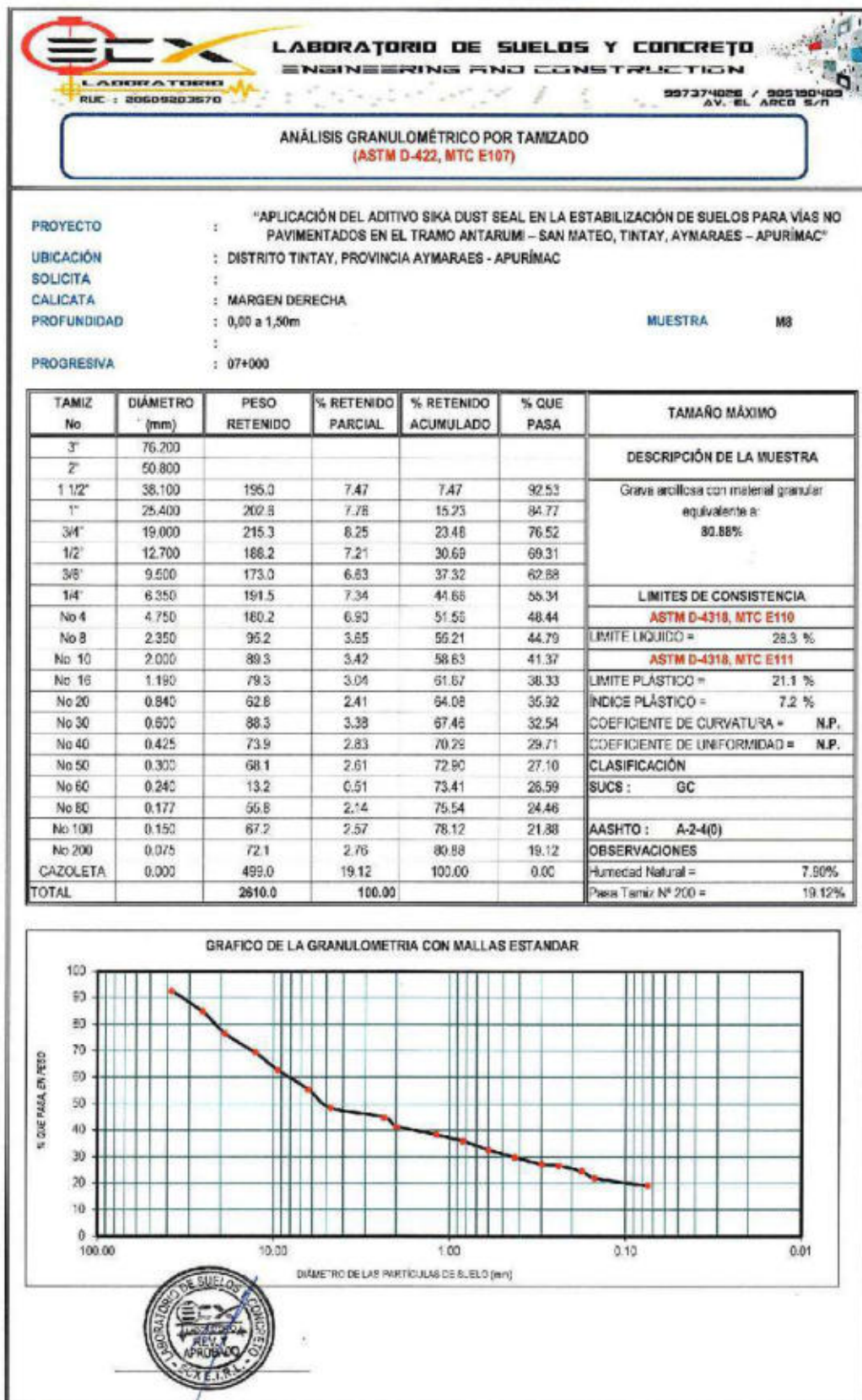


Figura 33 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 08

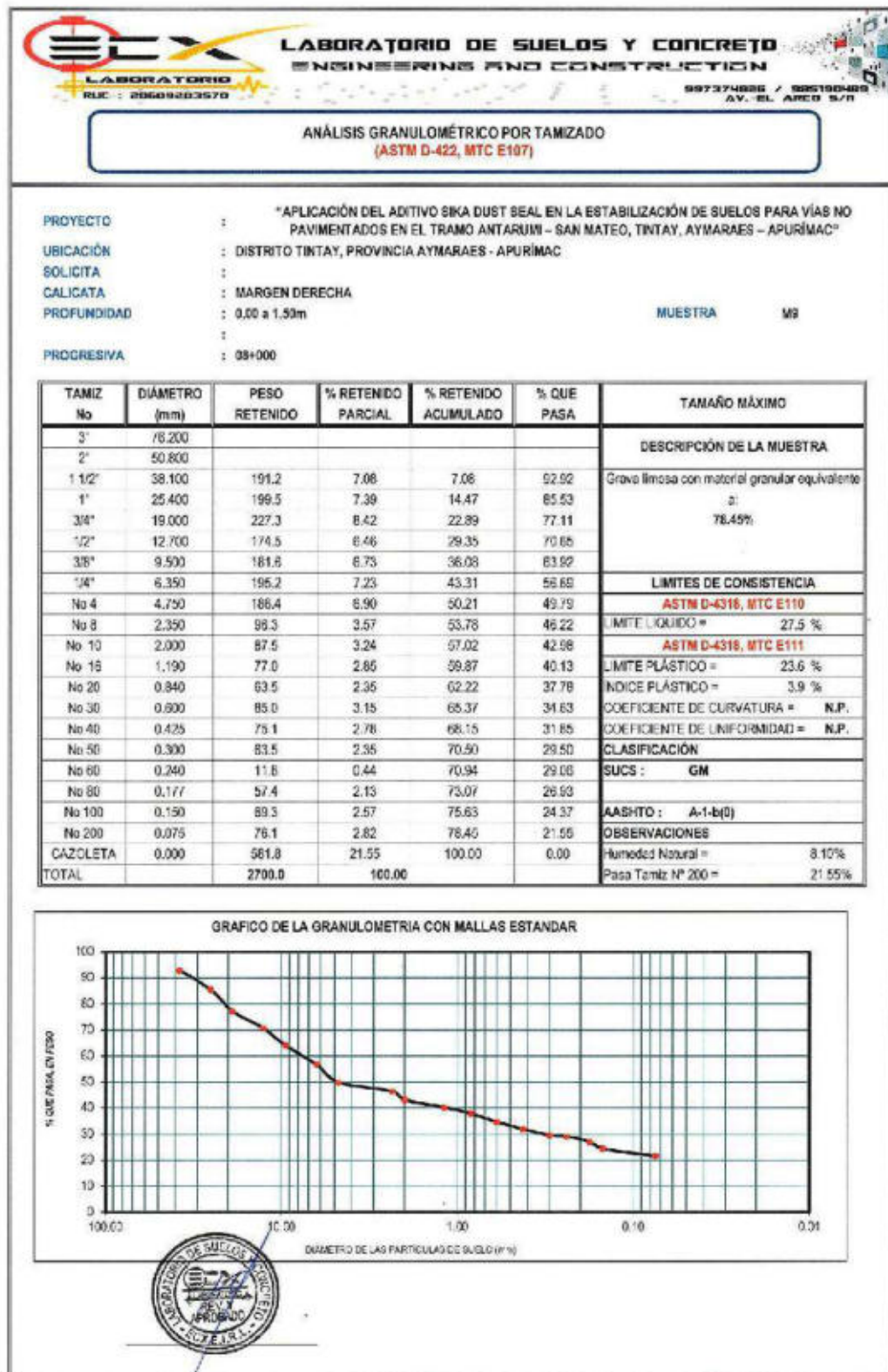


Figura 34 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 09

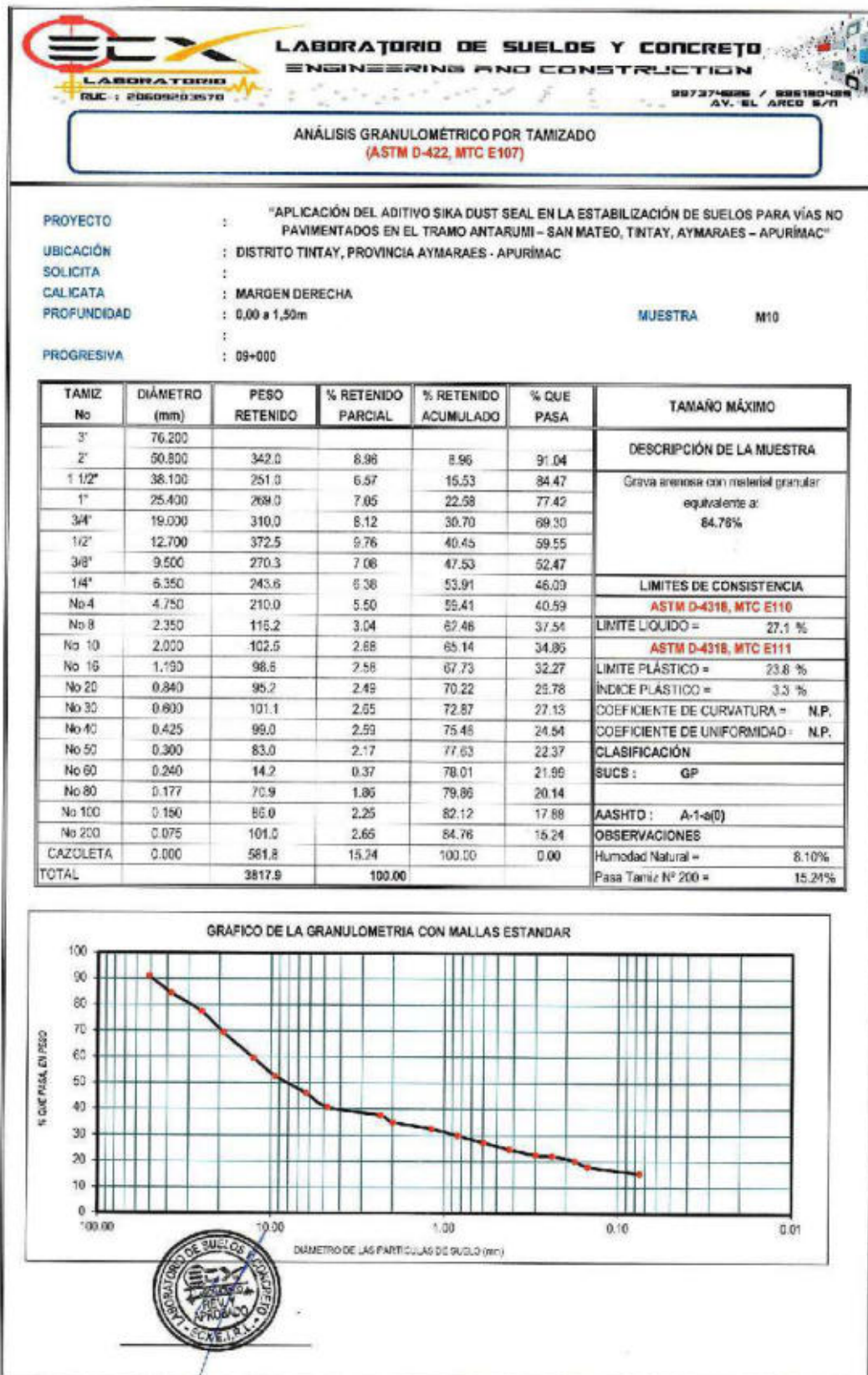


Figura 35 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 10 – C 10

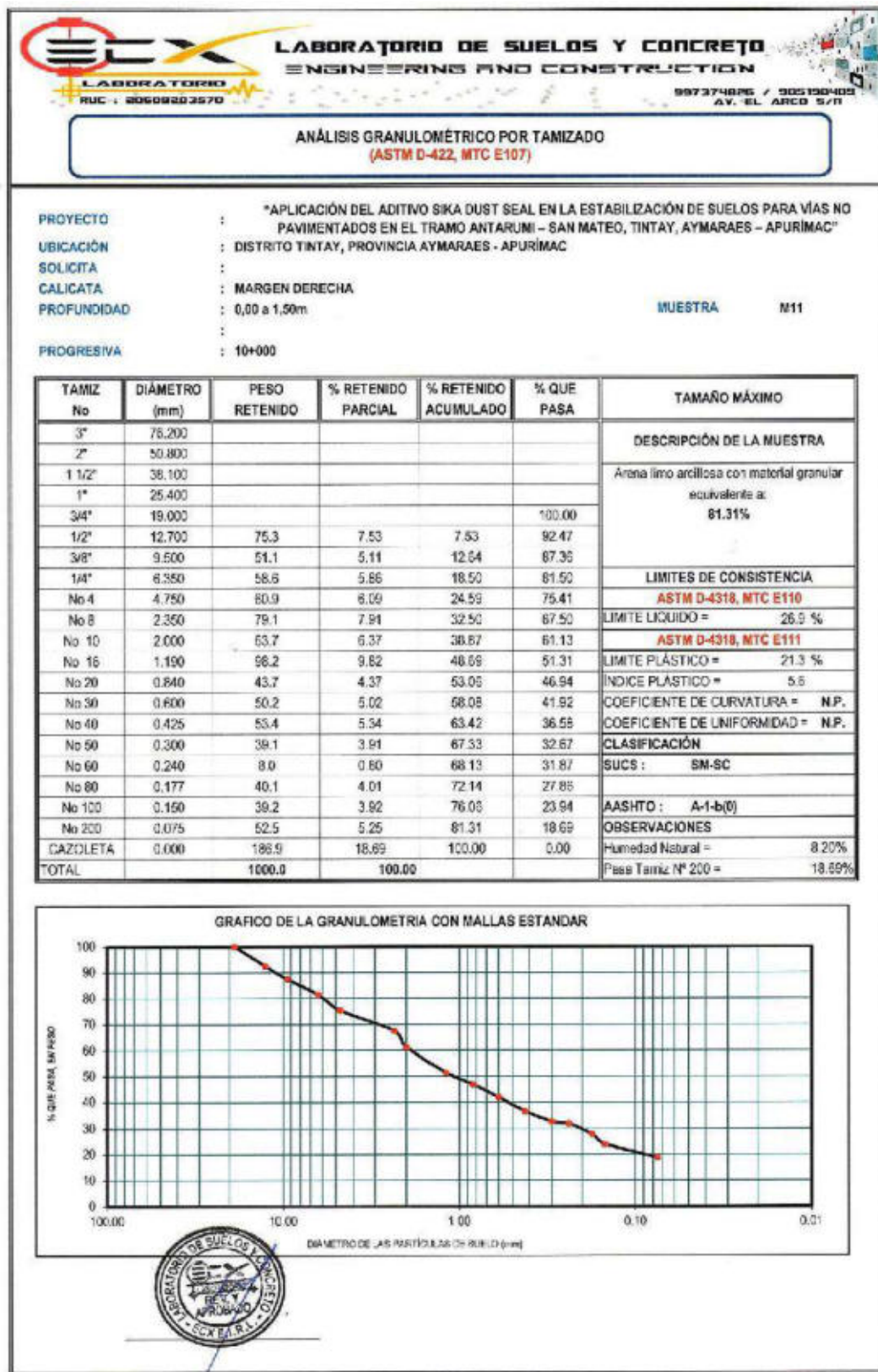


Figura 36 — Resultados del análisis granulométrico de la muestra 11

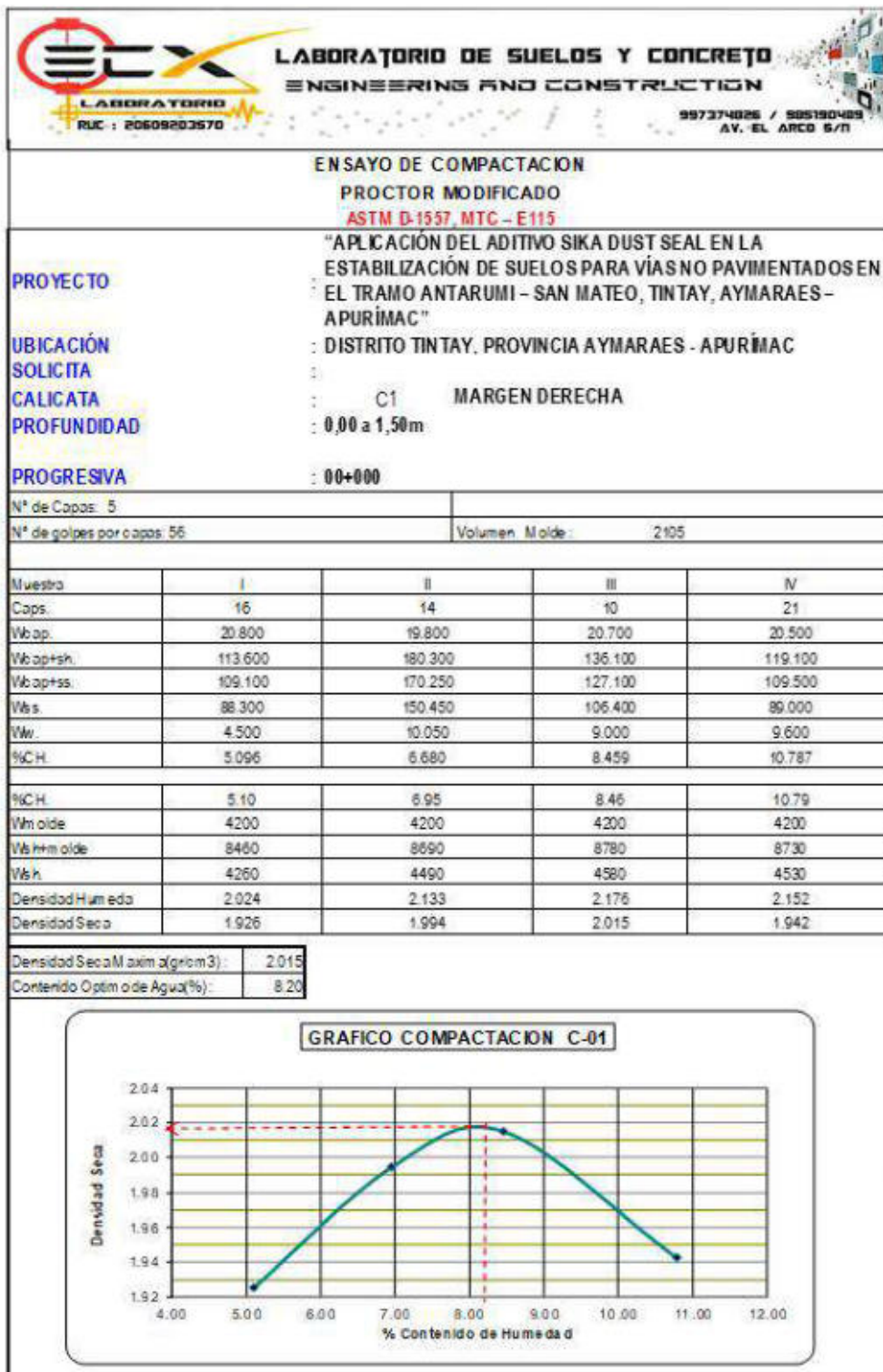


Figura 37 — Resultados del ensayo de proctor modificado sin aditivo en la C - 01

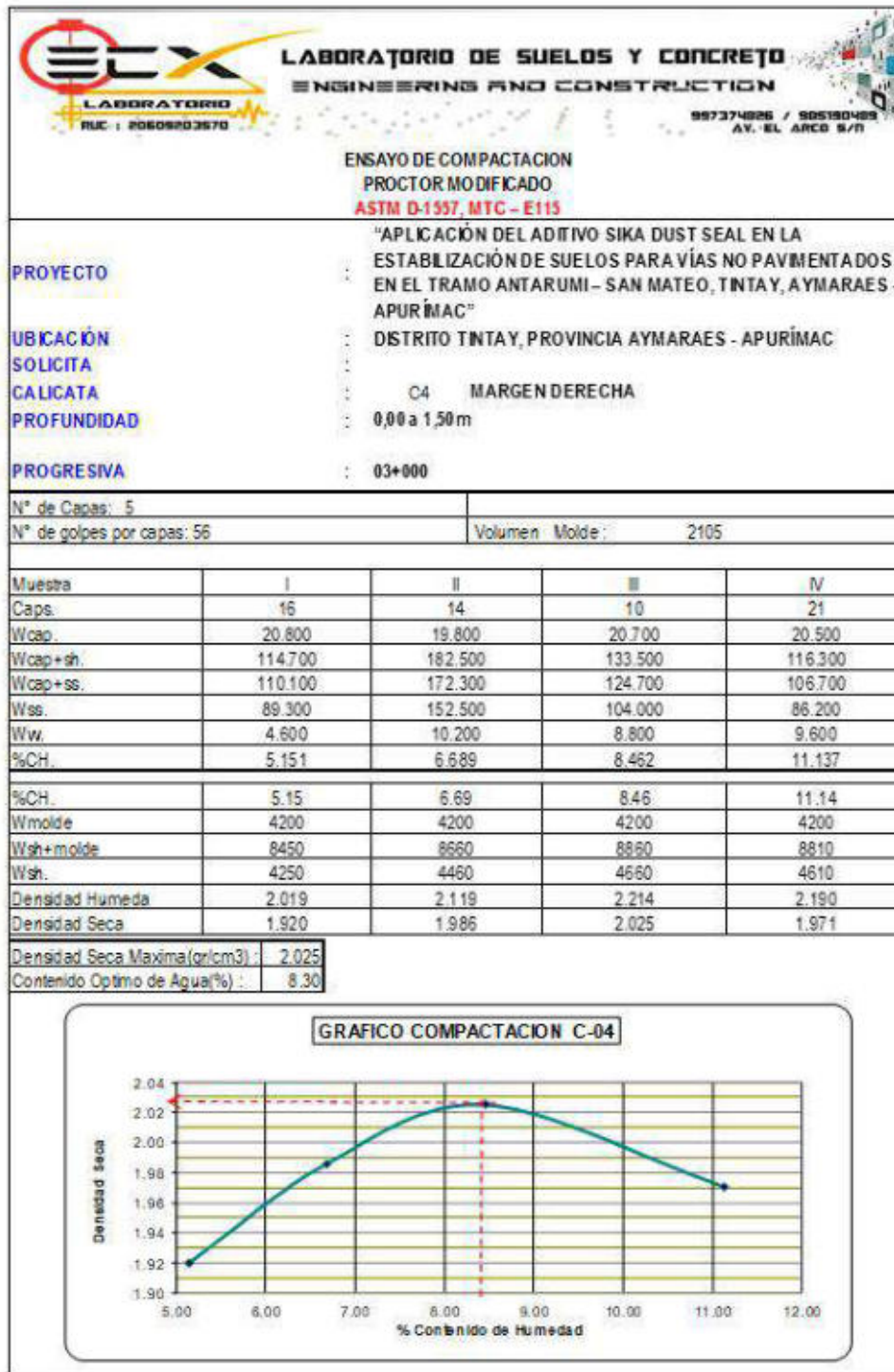


Figura 38 — Resultados del ensayo de proctor modificado sin aditivo en la C - 04

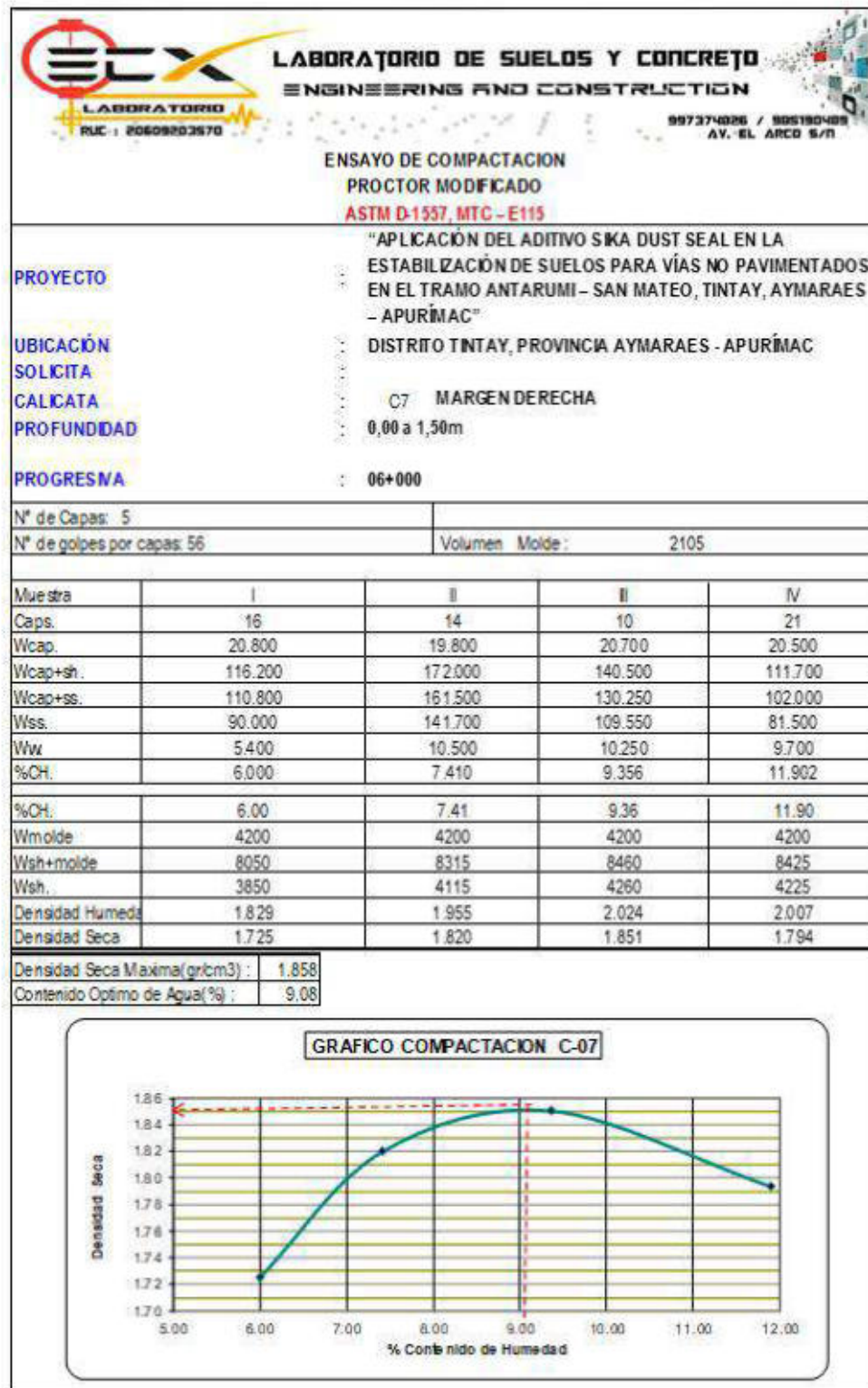


Figura 39 — Resultados del ensayo de proctor modificado sin aditivo en la C - 07

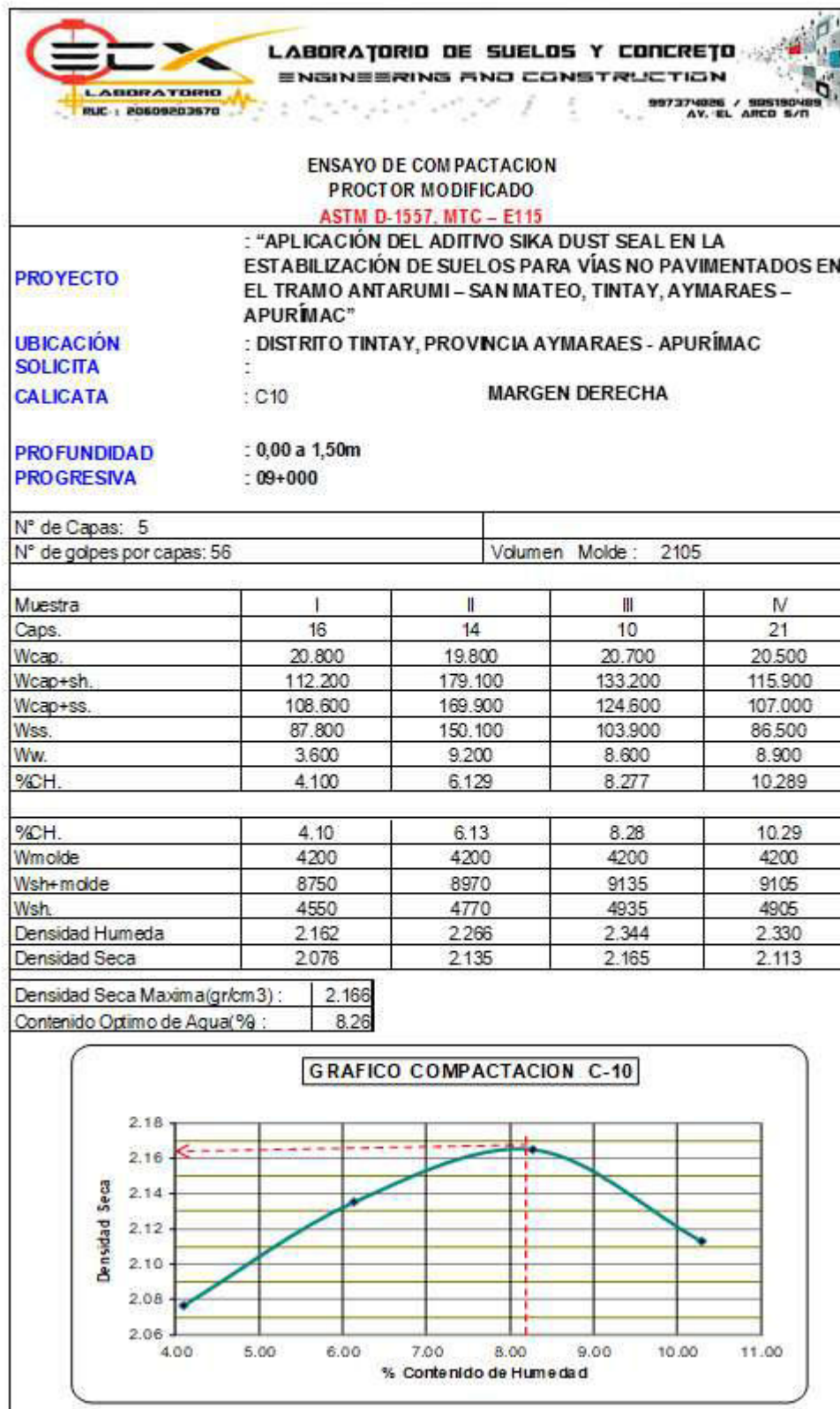


Figura 40 — Resultados del ensayo de proctor modificado sin aditivo en la C - 10


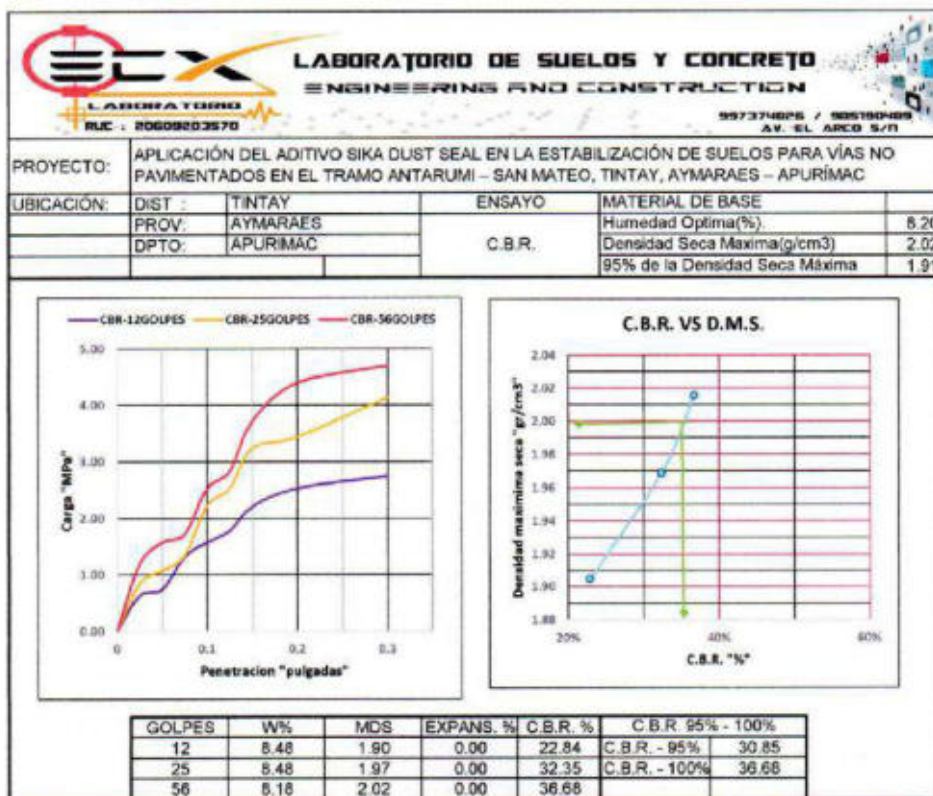
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 20609203570													
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) SIN ADITIVO ASTM 1833 - 73													
PROYECTO: APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADOS EN EL TRAMO ANTARUMI – SAN MATEO, TINTAY, AYMARAEES – APURÍMAC													
UBICACIÓN:	DIST :	TINTAY			MATERIAL DE BASE								
	PROV:	AYMARAEES			PROGRESIVA			00+000			Humedad Optima(%)	8.20	
	DPTO:	APURÍMAC			Densidad Seca Maxima(g/cm3)							2.02	
				95% de la Densidad Seca Máxima								1.91	
DIMENSIONES DE MOLDE				Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	
				15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	
N° DE GOLPES POR CAPA				12				25				56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA				SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURA DA	SIN MOJAR		SATURADA	
Peso del molde(gr).				5700			5630			5860			
Volumen de la Muestra(cc).				2110			2280			2190			
Muestra Humeda + Molde(gr).				10060			10500			10635			
Muestra Humeda(gr).				4360			4870			4775			
Densidad Humeda(g/cm3)				2.07			2.14			2.18			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA				ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	
Peso de la capsula(gr)													
Muestra Humeda + Capsula(gr).				170.20			162.40			169.30			
Muestra Seca+ Capsula(gr).				156.90			149.70			156.50			
Muestra Seca(gr).				156.90			149.70			156.50			
Contenido de Agua(gr)				13.30			12.70			12.80			
Contenido de Humedad(%)				8.48			8.48			8.18			
Promedio de Contenido de Humedad(%)				8.48			8.48			8.18			
Densidad Seca(g/cm3)				1.905			1.969			2.016			
			DIA	HORA	INTER VALO	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS %		LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS %			
			1.00	13:05	0.00		NO EXPANSION						
MEDICION DE LA EXPANSION				2.00	13:02	1.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
				3.00	13:10	2.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
				4.00	13:04	3.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
				5.00	12:58	4.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
PENETRACION "PULGADAS"			CARG. PATR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	
				DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56	
			0	0	0.00		0	0.00		0	0.00		
			0.025	20	0.64		30	0.84		47	1.20		
			0.050	25	0.74		41	1.07		65	1.58		
			0.075	53	1.32		54	1.35		72	1.72		
			0.100	6.90	65	1.58	22.84	96	2.23	32.35	110	2.53	36.68
			0.125		75	1.79		110	2.53		124	2.83	
			0.150		95	2.21		143	3.24		165	3.72	
			0.200	10.35	110	2.53	24.45	152	3.43	53.19	196	4.39	42.45
			0.300		120	2.75		184	4.13		210	4.70	



Figura 41 — Resultados del ensayo de CBR sin aditivo – Calicata 01




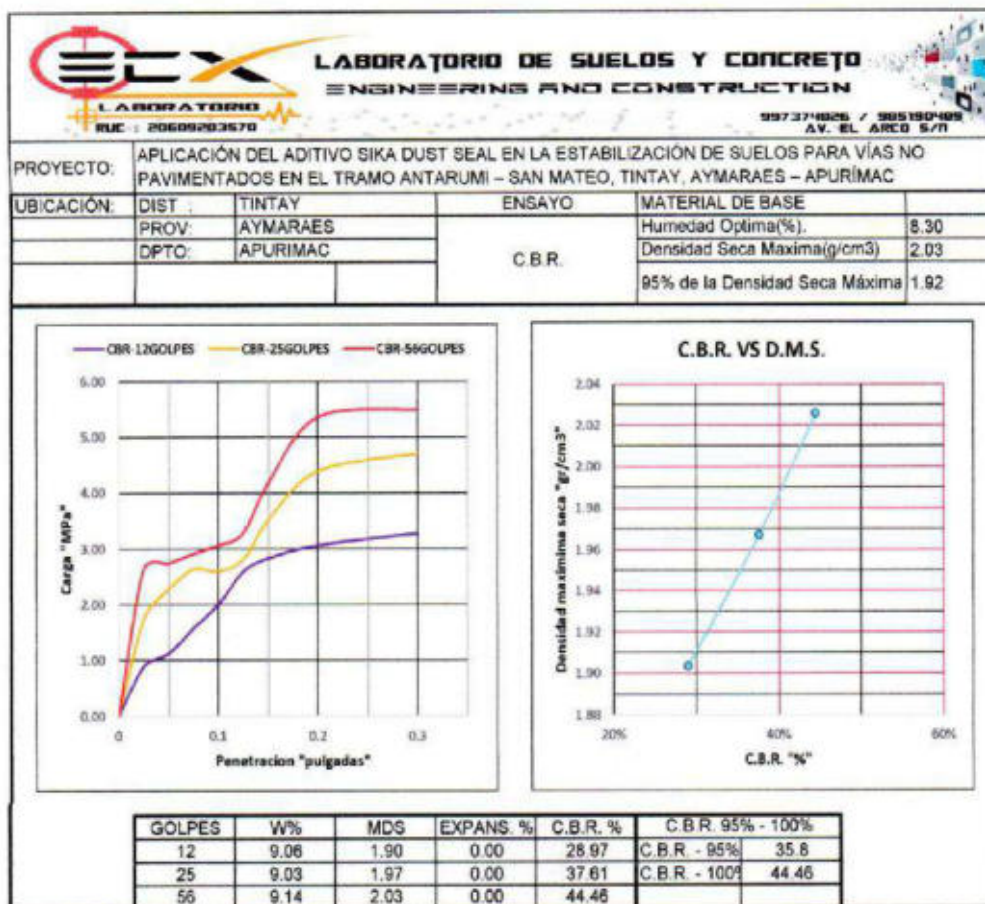
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) SIN ADITIVO ASTM 1033 - 73																																																																																																																																									
PROYECTO: APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKADUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADAS EN EL TRAMO ANTARUMI - SAN MATEO, TINTAY, AYMARAEES - APURÍMAC																																																																																																																																									
UBICACIÓN: <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>DIST :</td> <td>TINTAY</td> <td colspan="2">PROGRESIVA</td> <td>63+000</td> <td colspan="3">MATERIAL DE BASE</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>PROV:</td> <td>AYMARAEES</td> <td colspan="2"></td> <td></td> <td colspan="3">Humedad Óptima(%)</td> <td colspan="3">8.30</td> </tr> <tr> <td>DPTO:</td> <td>APURÍMAC</td> <td colspan="2"></td> <td></td> <td colspan="3">Densidad Seca Máxima(g/cm³)</td> <td colspan="3">2.03</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td></td> <td colspan="3">95% de la Densidad Seca Máxima</td> <td colspan="3">1.92</td> </tr> </table>												DIST :	TINTAY	PROGRESIVA		63+000	MATERIAL DE BASE						PROV:	AYMARAEES				Humedad Óptima(%)			8.30			DPTO:	APURÍMAC				Densidad Seca Máxima(g/cm ³)			2.03								95% de la Densidad Seca Máxima			1.92																																																																																				
DIST :	TINTAY	PROGRESIVA		63+000	MATERIAL DE BASE																																																																																																																																				
PROV:	AYMARAEES				Humedad Óptima(%)			8.30																																																																																																																																	
DPTO:	APURÍMAC				Densidad Seca Máxima(g/cm ³)			2.03																																																																																																																																	
					95% de la Densidad Seca Máxima			1.92																																																																																																																																	
DIMENSIONES DE MOLDE <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2"></th> <th>Diametro</th> <th>Altura</th> <th>Área</th> <th>Diametro</th> <th>Altura</th> <th>Área</th> <th>Diametro</th> <th>Altura</th> <th>Área</th> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>15.24</td> <td>11.64</td> <td>162.42</td> <td>15.24</td> <td>11.64</td> <td>162.42</td> <td>15.24</td> <td>11.64</td> <td>162.42</td> </tr> </table>														Diametro	Altura	Área	Diametro	Altura	Área	Diametro	Altura	Área			15.24	11.64	162.42	15.24	11.64	162.42	15.24	11.64	162.42																																																																																																								
		Diametro	Altura	Área	Diametro	Altura	Área	Diametro	Altura	Área																																																																																																																															
		15.24	11.64	162.42	15.24	11.64	162.42	15.24	11.64	162.42																																																																																																																															
Nº DE GOLPES POR CAPA <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="3">12</td> <td colspan="3">25</td> <td colspan="3">56</td> </tr> </table>														12			25			56																																																																																																																					
		12			25			56																																																																																																																																	
CONDICIONES DE LA MUESTRA <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="3">SIN MOJAR</th> <th colspan="3">ATURAC</th> <th colspan="3">SIN MOJAR</th> <th>SATURADA</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Peso del molde(gr)</td> <td colspan="3">3700</td> <td colspan="3">3630</td> <td colspan="3">3660</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de la Muestra(cc)</td> <td colspan="3">2110</td> <td colspan="3">2280</td> <td colspan="3">2150</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Muestra Humeda + Molde(gr)</td> <td colspan="3">10080</td> <td colspan="3">10520</td> <td colspan="3">10792</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Muestra Humeda(gr)</td> <td colspan="3">4380</td> <td colspan="3">4890</td> <td colspan="3">4642</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Humeda(g/cm³)</td> <td colspan="3">2.08</td> <td colspan="3">2.14</td> <td colspan="3">2.21</td> <td></td> </tr> </table>														SIN MOJAR			ATURAC			SIN MOJAR			SATURADA	Peso del molde(gr)		3700			3630			3660				Volumen de la Muestra(cc)		2110			2280			2150				Muestra Humeda + Molde(gr)		10080			10520			10792				Muestra Humeda(gr)		4380			4890			4642				Densidad Humeda(g/cm ³)		2.08			2.14			2.21																																																									
		SIN MOJAR			ATURAC			SIN MOJAR			SATURADA																																																																																																																														
Peso del molde(gr)		3700			3630			3660																																																																																																																																	
Volumen de la Muestra(cc)		2110			2280			2150																																																																																																																																	
Muestra Humeda + Molde(gr)		10080			10520			10792																																																																																																																																	
Muestra Humeda(gr)		4380			4890			4642																																																																																																																																	
Densidad Humeda(g/cm ³)		2.08			2.14			2.21																																																																																																																																	
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2"></th> <th>ABAJO</th> <th>ARRIBA</th> <th>ARRIBA</th> <th>ABAJO</th> <th>ARRIBA</th> <th>ARRIBA</th> <th>ABAJO</th> <th>ARRIBA</th> <th>ARRIBA</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Peso de la capsula(gr)</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Muestra Humeda + Capsula(gr)</td> <td colspan="3">146.90</td> <td colspan="3">156.20</td> <td colspan="3">173.20</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Muestra Seca + Capsula(gr)</td> <td colspan="3">134.70</td> <td colspan="3">145.10</td> <td colspan="3">158.70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Muestra Seca(gr)</td> <td colspan="3">134.70</td> <td colspan="3">145.10</td> <td colspan="3">158.70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Contenido de Agua(gr)</td> <td colspan="3">12.20</td> <td colspan="3">13.10</td> <td colspan="3">14.50</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Contenido de Humedad(%)</td> <td colspan="3">9.06</td> <td colspan="3">9.03</td> <td colspan="3">9.14</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Promedio de Contenido de Humedad(%)</td> <td colspan="3">9.06</td> <td colspan="3">9.03</td> <td colspan="3">9.14</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Seca(g/cm³)</td> <td colspan="3">1.903</td> <td colspan="3">1.967</td> <td colspan="3">2.026</td> </tr> </table>														ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	Peso de la capsula(gr)											Muestra Humeda + Capsula(gr)		146.90			156.20			173.20			Muestra Seca + Capsula(gr)		134.70			145.10			158.70			Muestra Seca(gr)		134.70			145.10			158.70			Contenido de Agua(gr)		12.20			13.10			14.50			Contenido de Humedad(%)		9.06			9.03			9.14			Promedio de Contenido de Humedad(%)		9.06			9.03			9.14			Densidad Seca(g/cm ³)		1.903			1.967			2.026																													
		ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA																																																																																																																															
Peso de la capsula(gr)																																																																																																																																									
Muestra Humeda + Capsula(gr)		146.90			156.20			173.20																																																																																																																																	
Muestra Seca + Capsula(gr)		134.70			145.10			158.70																																																																																																																																	
Muestra Seca(gr)		134.70			145.10			158.70																																																																																																																																	
Contenido de Agua(gr)		12.20			13.10			14.50																																																																																																																																	
Contenido de Humedad(%)		9.06			9.03			9.14																																																																																																																																	
Promedio de Contenido de Humedad(%)		9.06			9.03			9.14																																																																																																																																	
Densidad Seca(g/cm ³)		1.903			1.967			2.026																																																																																																																																	
MEDICION DE LA EXPANSION <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">DIA</th> <th rowspan="2">HORA</th> <th rowspan="2">INTERVAL O (DIAS)</th> <th rowspan="2">LECT. DEFOR.</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> <th rowspan="2">LECT. DEFOR.</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> <th rowspan="2">LECT. DEFOR.</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> </tr> <tr> <th>PULGS</th> <th>%</th> <th>PULGS</th> <th>%</th> <th>PULGS</th> <th>%</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> </tr> </table>												DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		PULGS	%	PULGS	%	PULGS	%					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000																																																												
DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION																																																																																																																															
				PULGS	%		PULGS	%		PULGS	%																																																																																																																														
				0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000																																																																																																																														
				0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000																																																																																																																														
				0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000																																																																																																																														
				0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000																																																																																																																														
PENETRACION "PULGADAS" <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">CARG. PATRON</th> <th colspan="2">FACTOR CARGA</th> <th rowspan="2">CBR</th> <th colspan="2">FACTOR CARGA</th> <th rowspan="2">CBR</th> <th colspan="2">FACTOR CARGA</th> <th rowspan="2">CBR</th> </tr> <tr> <th>DIAL</th> <th>MPa</th> <th>DIAL</th> <th>MPa</th> <th>DIAL</th> <th>MPa</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>12</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>25</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>0.025</td> <td>32</td> <td>0.66</td> <td></td> <td>75</td> <td>1.72</td> <td></td> <td>115</td> <td>2.84</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.060</td> <td>43</td> <td>1.11</td> <td></td> <td>90</td> <td>2.25</td> <td></td> <td>120</td> <td>2.75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.075</td> <td>66</td> <td>1.56</td> <td></td> <td>115</td> <td>2.84</td> <td></td> <td>128</td> <td>2.92</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.100</td> <td>80</td> <td>2.00</td> <td>29.97</td> <td>112</td> <td>2.90</td> <td>37.61</td> <td>135</td> <td>3.07</td> <td>44.46</td> </tr> <tr> <td>0.125</td> <td>113</td> <td>2.60</td> <td></td> <td>120</td> <td>2.81</td> <td></td> <td>145</td> <td>3.28</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.150</td> <td>124</td> <td>2.83</td> <td></td> <td>156</td> <td>3.62</td> <td></td> <td>186</td> <td>4.17</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.200</td> <td>135</td> <td>3.07</td> <td>29.84</td> <td>190</td> <td>4.39</td> <td>42.85</td> <td>240</td> <td>5.36</td> <td>51.83</td> </tr> <tr> <td>0.300</td> <td>145</td> <td>3.26</td> <td></td> <td>210</td> <td>4.70</td> <td></td> <td>246</td> <td>5.50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.400</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												CARG. PATRON	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	DIAL	MPa	DIAL	MPa	DIAL	MPa	0	0	0.00	12	0	0.00	25	0	0.00	56	0.025	32	0.66		75	1.72		115	2.84		0.060	43	1.11		90	2.25		120	2.75		0.075	66	1.56		115	2.84		128	2.92		0.100	80	2.00	29.97	112	2.90	37.61	135	3.07	44.46	0.125	113	2.60		120	2.81		145	3.28		0.150	124	2.83		156	3.62		186	4.17		0.200	135	3.07	29.84	190	4.39	42.85	240	5.36	51.83	0.300	145	3.26		210	4.70		246	5.50		0.400										0.500									
CARG. PATRON	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR																																																																																																																																
	DIAL	MPa		DIAL	MPa		DIAL	MPa																																																																																																																																	
0	0	0.00	12	0	0.00	25	0	0.00	56																																																																																																																																
0.025	32	0.66		75	1.72		115	2.84																																																																																																																																	
0.060	43	1.11		90	2.25		120	2.75																																																																																																																																	
0.075	66	1.56		115	2.84		128	2.92																																																																																																																																	
0.100	80	2.00	29.97	112	2.90	37.61	135	3.07	44.46																																																																																																																																
0.125	113	2.60		120	2.81		145	3.28																																																																																																																																	
0.150	124	2.83		156	3.62		186	4.17																																																																																																																																	
0.200	135	3.07	29.84	190	4.39	42.85	240	5.36	51.83																																																																																																																																
0.300	145	3.26		210	4.70		246	5.50																																																																																																																																	
0.400																																																																																																																																									
0.500																																																																																																																																									



Figura 42 — Resultados del ensayo de CBR sin aditivo – Calicata 04






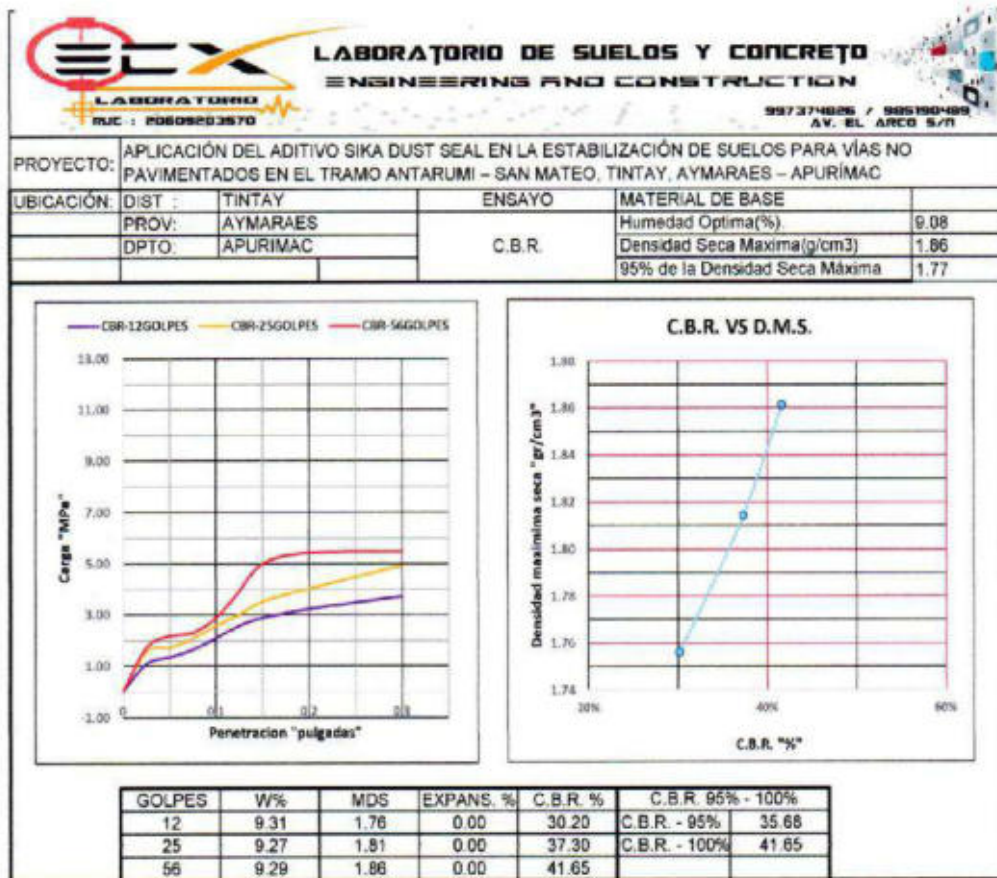
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO INGENIEROS EN CONSTRUCCION 987374098 / 988190400 AV. EL ARCO S/R																	
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) SIN ADITIVO ASTM 1833 - 73																	
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL TRAMO EMP. PE-30A(ANTARUM) - EMP. AP-588(SAN MATEO) - TINTAY - AYMARAES - APURIMAC																	
UBICACION:			MATERIAL DE BASE														
DIST : TINTAY			PROGRESIVA			06+000			Humedad Optima(%)			9.08					
PROV: AYMARAES									Densidad Seca Maxima(g/cm3)			1.86					
DPTO: APURIMAC									95% de la Densidad Seca Maxima			1.77					
DIMENSIONES DE MOLDE			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area						
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42						
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56								
CONDICIONES DE LA MUESTRA																	
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR			LATURAD			SIN MOJAR			SATURADA					
Peso del molde(gr)			5700			5630			5960								
Volumen de la Muestra(cc)			2110			2280			2190								
Muestra Humeda + Molde(gr)			3750			10150			10315								
Muestra Humeda(gr)			4050			4520			4455								
Densidad Humeda(g/cm3)			1.92			1.98			2.03								
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			ABAJO			ARRIBA			ARRIBA			ABAJO			ARRIBA		
Peso de la capsula(gr)																	
Muestra Humeda + Capsula(gr)			150.30			160.30			160.40								
Muestra Seca + Capsula(gr)			137.50			146.70			155.00								
Muestra Seca(gr)			137.50			146.70			155.00								
Contenido de Agua(gr)			12.80			13.80			14.40								
Contenido de Humedad(%)			9.31			9.27			9.29								
Promedio de Contenido de Humedad(%)			9.31			9.27			9.29								
Densidad Seca(g/cm3)			1.756			1.814			1.861								
DIA		HORA	INTERVALO	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%					
MEDICION DE LA EXPANSION					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000					
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000					
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000					
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000					
PENETRACION "PULGADAS"			CARG. PATRON "MPa"	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR					
				DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56					
0				0	0.00		0	0.00		0	0.00						
0.025				42	1.09		69	1.95		72	1.72						
0.050				53	1.33		71	1.70		93	2.17						
0.075				62	1.64		89	2.08		99	2.30						
0.100			6.90	89	2.08	30.20	112	2.87	37.20	126	2.87	41.86					
0.125				112	2.87		132	3.00		175	3.89						
0.150				128	2.87		156	3.52		224	5.01						
0.200			10.38	142	3.22	31.10	179	4.02	38.86	243	5.43	52.47					
0.300				169	3.72		220	4.82		246	5.50						
0.400																	
0.500																	



Figura 43 — Resultados del ensayo de CBR sin aditivo – Calicata 07






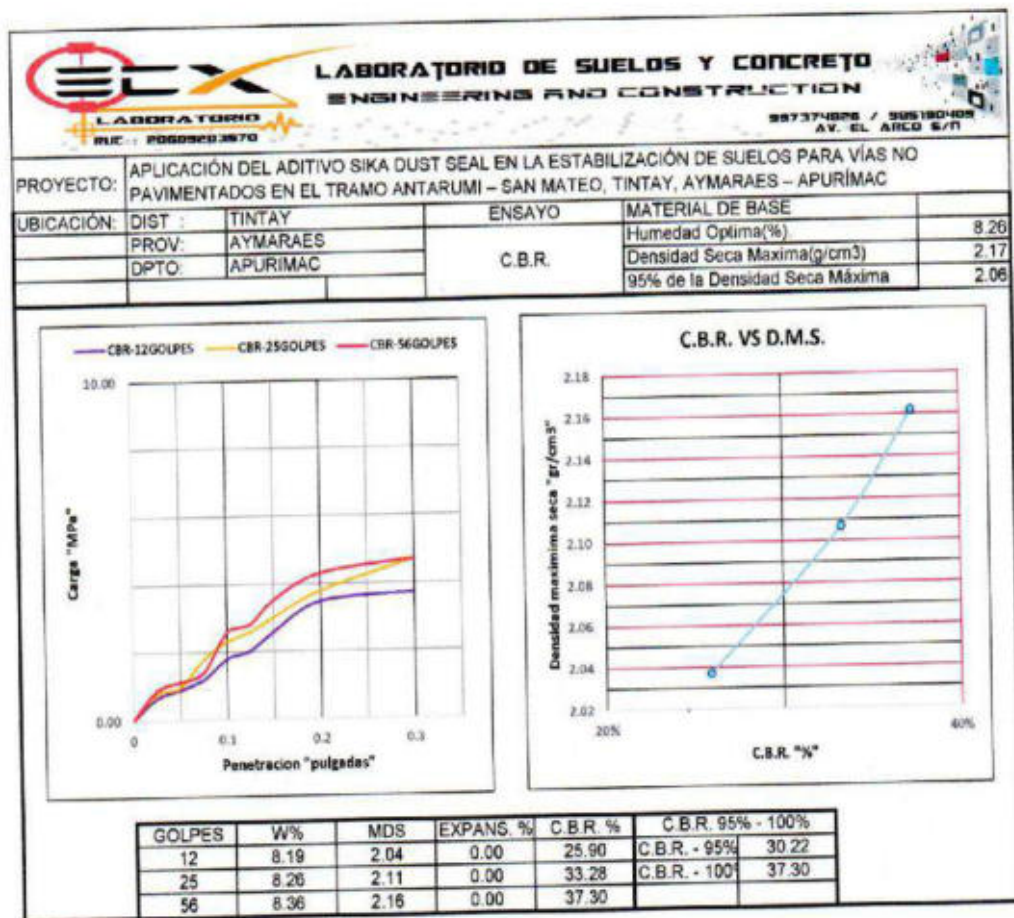
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION <small>LABORATORIO RUC : 20609802670</small>													
LABORATORIO DE GEOTECNA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) SIN ADITIVO ASTM 1833 - 73													
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL TRAMO EMP. PE-30A(ANTARUMI) - EMP. AP-688(SAN MATEO) - TINTAY - AYMARAES - APURIMAC													
UBICACION:		MATERIAL DE BASE											
DIST : TINTAY		Humedad Optima(%),				8.260							
PROV: AYMARAES		Densidad Seca Maxima(g/cm3)				2.166							
DPTO: APURIMAC		95% de la Densidad Seca Máxim				2.058							
DIMENSIONES DE MOLDE		Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area			
		15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA		12			25			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SIN MOJAR		SATURADA		SIN MOJAR		ATURAD		SIN MOJAR		SATURADA	
Peso del molde(gr)		5700		5630		5660		5660		5660		5660	
Volumen de la Muestra(cc)		2110		2280		2190		2190		2190		2190	
Muestra Humeda + Molde(gr)		10350		10830		10990		10990		10990		10990	
Muestra Humeda(gr)		4650		5200		5130		5130		5130		5130	
Densidad Humeda(g/cm3)		2.20		2.26		2.34		2.34		2.34		2.34	
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA		ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA			
Peso de la capsula(gr)													
Muestra Humeda + Capsula(gr)		151.47		162.50		184.10		184.10		184.10		184.10	
Muestra Seca+ Capsula(gr)		140.00		150.10		169.90		169.90		169.90		169.90	
Muestra Seca(gr)		140.00		150.10		169.90		169.90		169.90		169.90	
Contenido de Agua(gr)		11.47		12.40		14.20		14.20		14.20		14.20	
Contenido de Humedad(%)		8.19		8.26		8.36		8.36		8.36		8.36	
Promedio de Contenido de Humedad(%)		8.19		8.26		8.36		8.36		8.36		8.36	
Densidad Seca(g/cm3)		2.037		2.107		2.162		2.162		2.162		2.162	
MEDICION DE LA EXPANSION	DIA	HORA	INTERVALO (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		
					PULGS	%		PULGS	%		PULGS	%	
					0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
					0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
					0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
					0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
PENETRACION "PULGADAS"		CARG. PATRO	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR		
			DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56		
	0		0	0.00		0	0.00		0	0.00			
	0.025		20	0.64		27	0.78		31	0.86			
	0.050		32	0.89		35	0.95		43	1.11			
	0.075		46	1.18		75	1.79		56	1.98			
	0.100	6.90	75	1.79	25.90	99	2.30	33.28	112	2.57	37.30		
	0.125		86	2.02		112	2.57		123	2.81			
	0.150		112	2.57		132	3.00		196	3.82			
	0.200	10.35	154	3.48	33.61	168	3.78	36.54	192	4.31	41.61		
	0.300		165	3.72		210	4.70		210	4.70			



Figura 44 — Resultados del ensayo de CBR sin aditivo – Calicata 10




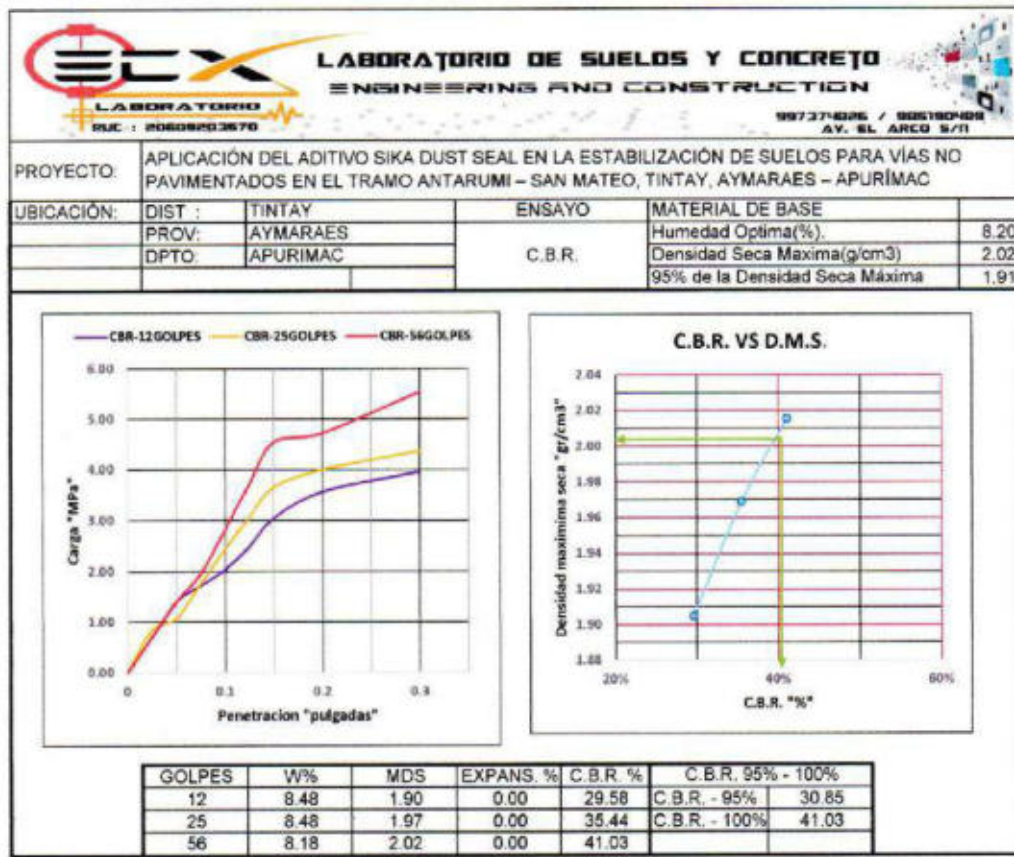
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION												
RUC : 20609202570						997374826 / 985190489 AV. EL ARCO S/N						
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) + 5L ADITIVO												
ASTM 1833 - 73												
PROYECTO: APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADAS EN EL TRAMO ANTARUMI – SAN MATEO, TINTAY, AYMARAES – APURÍMAC												
UBICACIÓN:	DIST : TINTAY			MATERIAL DE BASE								
	PROV:	AYMARAES	PROGRESIVA	00+000			Humedad Óptima(%)					
	DPTO:	APURÍMAC				Densidad Seca Máxima(g/cm3)						
						95% de la Densidad Seca Máxima						
DIMENSIONES DE MOLDE			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURA DA	SIN MOJAR		SATURADA	
Peso del molde(gr).			5700			5630			5860			
Volumen de la Muestra(cc)			2110			2280			2190			
Muestra Humeda + Molde(gr).			10080			10500			10635			
Muestra Humeda(gr).			4360			4870			4775			
Densidad Humeda(g/cm3).			2.07			2.14			2.18			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	
Peso de la capsula(gr).												
Muestra Humeda + Capsula(gr).			170.20			162.40			169.30			
Muestra Seca+ Capsula(gr).			156.90			149.70			156.50			
Muestra Seca(gr).			156.90			149.70			156.50			
Contenido de Agua(gr)			13.30			12.70			12.80			
Contenido de Humedad(%)			8.48			8.48			8.18			
Promedio de Contenido de Humedad(%)			8.48			8.48			8.18			
Densidad Seca(g/cm3)			1.905			1.969			2.016			
	DIA	HORA	INTER VALO	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN	
					PULGS	%		PULGS	%		PULGS	%
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00				NO EXPANSIVO					
	2.00	13:02	1.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
	3.00	13:10	2.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
	4.00	13:04	3.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
	5.00	12:58	4.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
PENETRACION "PULGADAS"			CARG. PATR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR
				DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56
			0	0	0.00		0	0.00		0	0.00	
			0.025	23	0.70		30	0.84		23	0.70	
			0.050	57	1.41		41	1.07		57	1.41	
			0.075	72	1.72		74	1.77		83	1.96	
			0.100	87	2.04	29.58	105	2.45	35.44	124	2.83	41.03
			0.125	108	2.49		136	3.07		165	3.72	
			0.150	134	3.05		182	3.85		203	4.55	
			0.200	158	3.57	34.44	178	4.00	38.85	211	4.72	45.64
			0.300	178	3.96		195	4.37		248	5.54	



Figura 45 — Resultados del ensayo de CBR + 5L/m³ de aditivo – Calicata 01




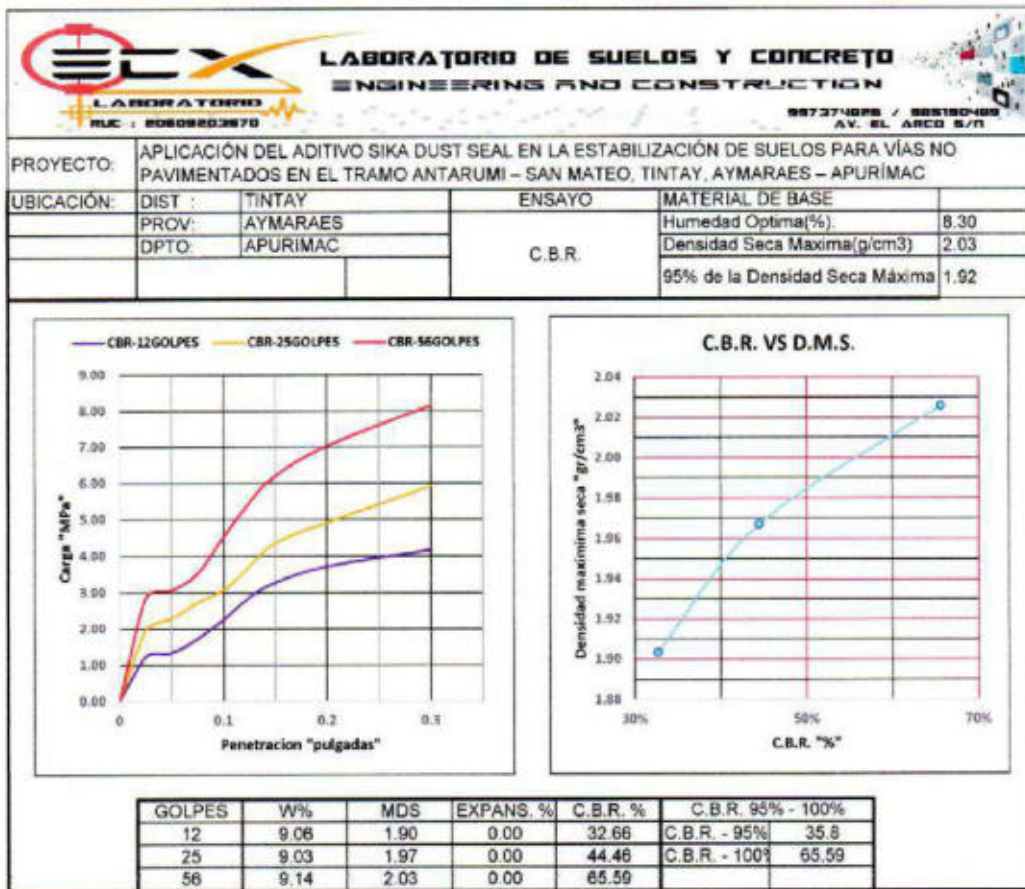
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 20609203570															
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) + 5L ADITIVO ASTM 1833 - 73															
PROYECTO:		APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADAS EN EL TRAMO ANTARUMI - SAN MATEO, TINTAY, AYMARAES - APURÍMAC													
UBICACIÓN:		MATERIAL DE BASE													
DIST :		TINTAY			PROGRESIVA			03+000			Humedad Óptima(%)		8.30		
PROV:		AYMARAES									Densidad Seca Máxima(g/cm ³)		2.03		
DPTO:		APURÍMAC									95% de la Densidad Seca Máxima		1.92		
DIMENSIONES DE MOLDE				Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area			
				15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA				12			25			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA				SIN MOJAR			ATURAC			SIN MOJAR			SATURADA		
Peso del molde(gr)				5700			5630			5860					
Volumen de la Muestra(cc)				2110			2260			2190					
Muestra Humeda + Molde(gr)				10060			10520			10702					
Muestra Humeda(gr)				4380			4890			4842					
Densidad Humeda(gr/cm ³)				2.08			2.14			2.21					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA				ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA			
Peso de la capsula(gr)															
Muestra Humeda + Capsula(gr)				146.90			156.20			173.20					
Muestra Seca+ Capsula(gr)				134.70			145.10			158.70					
Muestra Seca(gr)				134.70			145.10			158.70					
Contenido de Agua(gr)				12.20			13.10			14.50					
Contenido de Humedad(%)				9.06			9.03			9.14					
Promedio de Contenido de Humedad(%)				9.06			9.03			9.14					
Densidad Seca(g/cm ³)				1.903			1.967			2.026					
		DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS %		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS %		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS %			
MEDICION DE LA EXPANSION						0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
						0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
						0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
						0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
PENETRACION "PULGADAS"		CARG. PATRON		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR	
				DIAL	MPa	12		DIAL	MPa	25		DIAL	MPa	56	
				0	0.00			0	0.00			0	0.00		
				0.025	48	1.22		82	1.94			124	2.83		
				0.050	53	1.32		98	2.25			135	3.07		
				0.075	72	1.72		119	2.72			156	3.52		
		6.90		0.100	97	2.25	32.66	135	3.07	44.46		202	4.53	65.59	
				0.125	126	2.87		165	3.72			245	5.48		
				0.150	145	3.28		195	4.37			276	6.21		
		10.35		0.200	165	3.72	35.91	220	4.92	47.55		315	7.04	68.03	
				0.300	186	4.17		265	5.92			364	8.15		
				0.400											
				0.500											



Figura 46 — Resultados del ensayo de CBR + 5L/m³ de aditivo – Calicata 04




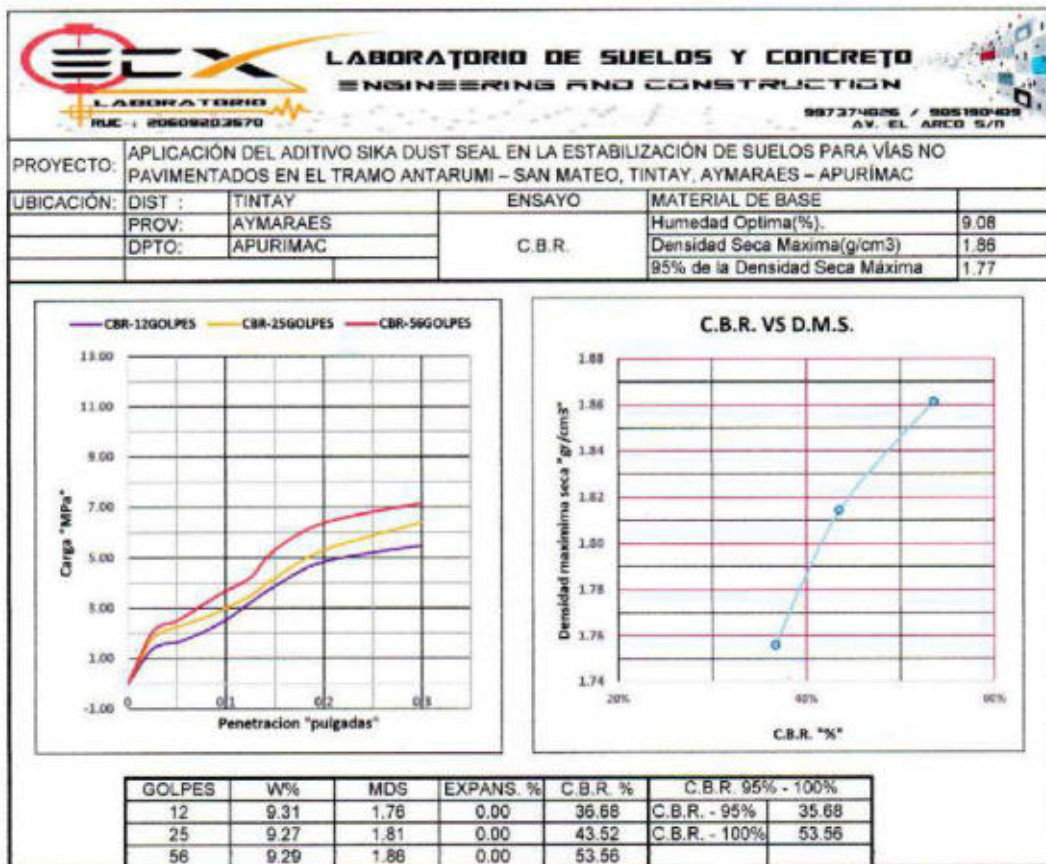
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION 997374096 / 998190428 AV. EL ARCO 8/11																	
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) + 5L ADITIVO ASTM 1833 - 73																	
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL TRAMO EMP. PE-30A(ANTARUMI) - EMP. AP-588(SAN MATEO). - TINTAY - AYMARAEES - APURIMAC																	
UBICACION:				MATERIAL DE BASE													
DIST :		TINTAY		PROGRESIVA			06+000			Humedad Optima(%)			9.08				
PROV:		AYMARAEES								Densidad Seca Maxima(g/cm3)			1.86				
DPTO:		APURIMAC								95% de la Densidad Seca Maxima			1.77				
DIMENSIONES DE MOLDE				Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area					
				15.24	11.54	182.42	15.24	11.54	182.42	15.24	11.54	182.42					
N° DE GOLPES POR CAPA				12			25			56							
CONDICIONES DE LA MUESTRA				SIN MOJAR			SATURAD			SIN MOJAR			SATURADA				
Peso del molde(gr)				5700			5630			5860							
Volumen de la Muestra(cc)				2110			2280			2190							
Muestra Humeda + Molde(gr)				9750			10150			10315							
Muestra Humeda(gr)				4050			4520			4455							
Densidad Humeda(g/cm3)				1.92			1.98			2.03							
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA				ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA					
Peso de la capsula(gr)										169.40							
Muestra Humeda + Capsula(gr)				150.30			160.30			155.00							
Muestra Seca+ Capsula(gr)				137.50			148.70			155.00							
Muestra Seca(gr)				137.50			146.70			14.40							
Contenido de Agua(gr)				12.80			13.60			9.29							
Contenido de Humedad(%)				9.31			9.27			9.29							
Promedio de Contenido de Humedad(%)				1.756			1.814			1.861							
Densidad Seca(g/cm3)																	
DIA		HORA		INTERVALO		LECT. DEFOR.		EXPANSION PULGS		%		LECT. DEFOR.		EXPANSION PULGS		%	
								0.0000		0.0000				0.0000		0.0000	
								0.0000		0.0000				0.0000		0.0000	
								0.0000		0.0000				0.0000		0.0000	
								0.0000		0.0000				0.0000		0.0000	
PENETRACION "PULGADAS"				CARG. PATRON "MPa"		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR	
						DIAL		MPa		DIAL		MPa		DIAL		MPa	
						12		25		56							
				0		0		0.00		0		0.00		0		0.00	
				0.025		56		1.39		75		1.79		86		2.06	
				0.050		66		1.64		97		2.25		108		2.49	
				0.075		86		2.02		112		2.57		137		3.11	
				0.100		110		2.53		132		3.00		164		3.70	
				0.125		142		3.32		154		3.48		188		4.22	
				0.150		172		3.87		187		4.20		237		5.30	
				0.200		217		4.86		237		5.30		285		6.37	
				0.300		245		5.48		285		6.39		320		7.15	
				0.400													
				0.500													



Figura 47 — Resultados del ensayo de CBR + 5L/m³ de aditivo – Calicata 07




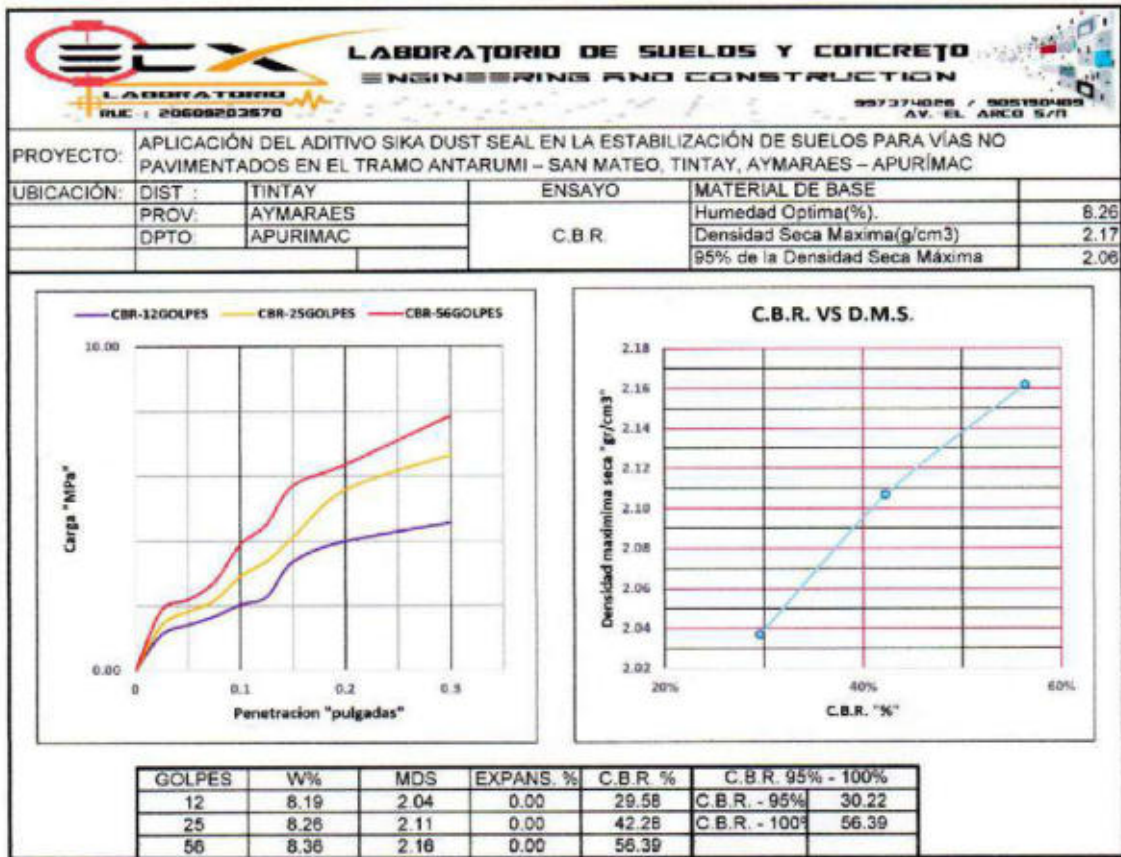
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 2060203970 997374826 / 985190489 AV. EL ARCO 5/11															
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES															
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) + 5L ADITIVO															
ASTM 1833 - 73															
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL TRAMO EMP. PE-30A(ANTARUMI) - EMP. AP-588(SAN MATEO). - TINTAY - AYMARAES - APURIMAC															
UBICACION: DIST : TINTAY MATERIAL DE BASE															
PROV: AYMARAES			PROGRESIVA			09+000			Humedad Optima(%)			8.260			
DPTO: APURIMAC									Densidad Seca Maxima(g/cm3)			2.166			
									95% de la Densidad Seca Maxim			2.068			
DIMENSIONES DE MOLDE			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area				
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42				
N° DE GOLPES POR CAPA															
				12				25				56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA															
			SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			ATURAD			
Peso del molde(gr).			5700			5630			5860			5860			
Volumen de la Muestra(cc).			2110			2280			2190			2190			
Muestra Humeda + Molde(gr).			10350			10830			10990			10990			
Muestra Humeda(gr).			4650			5200			5130			5130			
Densidad Humeda(g/cm3).			2.20			2.28			2.34			2.34			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA															
			ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA				
Peso de la capsula(gr).															
Muestra Humeda + Capsula(gr).			151.47			162.50			184.10			184.10			
Muestra Seca+ Capsula(gr).			140.00			150.10			169.90			169.90			
Muestra Seca(gr).			140.00			150.10			169.90			169.90			
Contenido de Agua(gr)			11.47			12.40			14.20			14.20			
Contenido de Humedad(%)			8.19			8.26			8.36			8.36			
Promedio de Contenido de Humedad(%)			8.19			8.26			8.36			8.36			
Densidad Seca(g/cm3).			2.037			2.107			2.162			2.162			
	DIA	HORA	INTERVALO (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION				
					PULGAS	%		PULGAS	%		PULGAS	%			
MEDICION DE LA EXPANSION					0.0000 0.0000			0.0000 0.0000			0.0000 0.0000				
					0.0000 0.0000			0.0000 0.0000			0.0000 0.0000				
					0.0000 0.0000			0.0000 0.0000			0.0000 0.0000				
					0.0000 0.0000			0.0000 0.0000			0.0000 0.0000				
PENETRACION "PULGADAS"			CARG. PATRO	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR				
ENSAYO DE PENETRACION	0		0	0.00	12	0	0.00	25	0	0.00	58				
	0.025		43	1.11		57	1.41		79	1.87					
	0.050		57	1.41		77	1.83		94	2.19					
	0.075		69	1.86		92	2.15		119	2.72					
	0.100	6.90	87	2.04	29.58	128	2.92	42.28	173	3.89	58.39				
	0.125		98	2.28		149	3.37		201	4.50					
	0.150		149	3.37		183	4.11		255	5.70					
	0.200	10.35	177	3.98	38.44	249	5.56	53.76	264	6.34	81.30				
0.300		203	4.55		297	6.64		381	7.95						



Figura 48 — Resultados del ensayo de CBR + 5L/m³ de aditivo – Calicata 10






 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 20609203570 997374826 / 985190489 AV. EL ARCO 5/II												
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) + 10L ADITIVO												
ASTM 1833 - 73												
PROYECTO: APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADAS EN EL TRAMO ANTARUMI – SAN MATEO, TINTAY, AYMARAES – APURÍMAC												
UBICACIÓN:	MATERIAL DE BASE			Humedad Optima(%)								
	DIST : TINTAY	PROV: AYMARAES	PROGRESIVA	00+000	8.20							
DPTO: APURIMAC				Densidad Seca Maxima(g/cm3)								
				95% de la Densidad Seca Máxima								
				Densidad Seca Máxima			Densidad Seca Máxima			Densidad Seca Máxima		
DIMENSIONES DE MOLDE				Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area
				15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42
N° DE GOLPES POR CAPA				12			25			56		
CONDICIONES DE LA MUESTRA				SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA
Peso del molde(gr).				5700			5530			5860		
Volumen de la Muestra(cc).				2110			2280			2190		
Muestra Humeda + Molde(gr).				10060			10500			10635		
Muestra Humeda(gr).				4360			4870			4775		
Densidad Humeda(g/cm3)				2.07			2.14			2.18		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA				ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA
Peso de la capsula(gr).												
Muestra Humeda + Capsula(gr).				170.20			182.40			169.30		
Muestra Seca+ Capsula(gr).				156.90			149.70			156.50		
Muestra Seca(gr).				156.90			149.70			156.50		
Contenido de Agua(gr)				13.30			12.70			12.80		
Contenido de Humedad(%)				8.48			8.48			8.18		
Promedio de Contenido de Humedad(%)				8.48			8.48			8.18		
Densidad Seca(g/cm3)				1.905			1.969			2.016		
MEDICION DE LA EXPANSION	DIA	HORA	INTER VALO	LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION	
					PULGS	%		PULGS	%		PULGS	%
NO EXPANSIVO												
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000												
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000												
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000												
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000												
PENETRACION "PULGADAS"			CARG. PATR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR
				DIAL	MPa		DIAL	MPa		DIAL	MPa	
0			0	0.00	12	0	0.00	25	0	0.00	56	
0.025			43	1.11		95	2.21		95	2.21		
0.050			75	1.79		105	2.42		120	2.75		
0.075			99	2.30		150	3.39		150	3.39		
0.100			6.90	120	2.75	39.79	175	3.93	57.03	204	4.57	66.23
0.125				145	3.28		195	4.37		220	4.92	
0.150				160	3.61		240	5.36		240	5.36	
0.200			10.35	196	4.44	42.88	310	6.93	66.94	360	8.06	77.86
0.300				256	5.72		340	7.61		375	8.40	



Figura 49 — Resultados del ensayo de CBR + 10L/m³ de aditivo – Calicata 01






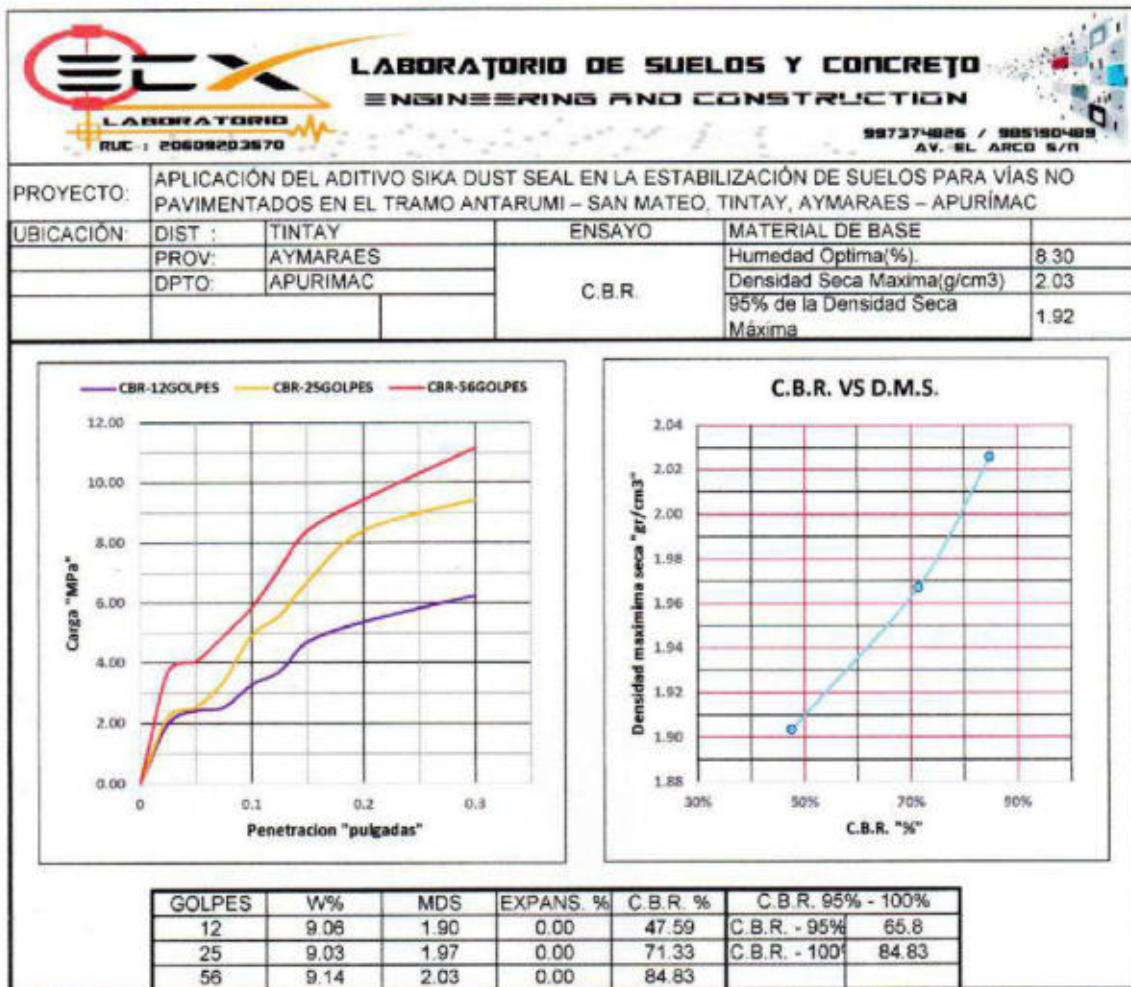
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 20609203570															
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) + 10L ADITIVO ASTM 1833 - 73															
PROYECTO: APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADAS EN EL TRAMO ANTARUMI – SAN MATEO, TINTAY, AYMARAE – APURIMAC															
MATERIAL DE BASE															
UBICACIÓN:	DIST :	TINTAY	PROGRESIVA	03+000	Humedad Óptima(%)			8.30							
	PROV:	AYMARAE			Densidad Seca Máxima(g/cm3)			2.03							
	DPTO:	APURIMAC			95% de la Densidad Seca Máxima			1.92							
DIMENSIONES DE MOLDE				Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area			
				15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA				12			25			66					
CONDICIONES DE LA MUESTRA															
CONDICIONES DE LA MUESTRA				SIN MOJAR			ATURAD			SIN MOJAR			ATURAD		
Peso del molde(gr)				5700			5630			5660					
Volumen de la Muestra(cc)				2110			2280			2190					
Muestra Humeda + Molde(gr)				10080			10520			10702					
Muestra Humeda(gr)				4380			4890			4842					
Densidad Humeda(g/cm3)				2.08			2.14			2.21					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA															
				ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA			
Peso de la capsula(gr)															
Muestra Humeda + Capsula(gr)				146.90			158.20			173.20					
Muestra Seca+ Capsula(gr)				134.70			145.10			158.70					
Muestra Seca(gr)				134.70			145.10			158.70					
Contenido de Agua(gr)				12.20			13.10			14.50					
Contenido de Humedad(%)				9.06			8.03			9.14					
Promedio de Contenido de Humedad(%)				9.06			9.03			9.14					
Densidad Seca(g/cm3)				1.903			1.967			2.026					
		DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN			
						PULGS	%		PULGS	%		PULGS	%		
MEDICION DE LA EXPANSION						0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
						0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
						0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
						0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
PENETRACION "PULGADAS"				CARG. PATRON	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR		
					DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56		
0					0	0.00		0	0.00		0	0.00			
0.025					85	2.00		56	2.21		165	3.72			
0.050					105	2.42		110	2.53		180	4.04			
0.075					110	2.53		150	3.39		220	4.92			
0.100				6.90	145	3.28	47.59	220	4.62	71.33	262	5.85	84.83		
0.125					185	3.72		250	5.59		320	7.15			
0.150					210	4.70		300	6.70		375	8.40			
0.200				10.35	240	5.38	51.83	375	8.40	81.15	420	9.43	91.08		
0.300					280	6.26		420	9.43		495	11.15			
0.400															
0.500															



Figura 50 — Resultados del ensayo de CBR + 10L/m³ de aditivo – Calicata 04






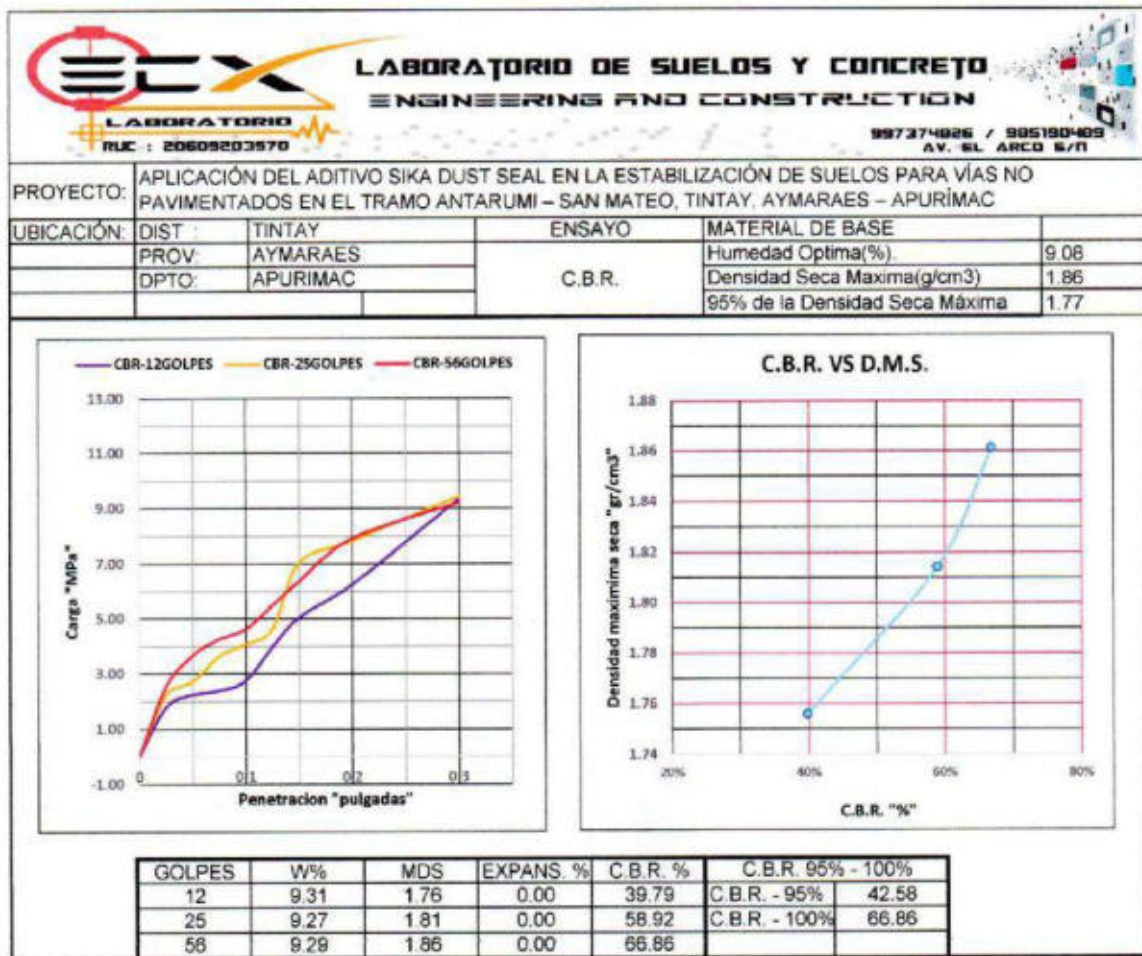
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 20609203970 997374826 / 995190408 AV. EL ARCO 5/11													
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES													
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) + 10L ADITIVO													
ASTM 1833 - 73													
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL TRAMO EMP. PE-30A(ANTARUMI) - EMP. AP-688(SAN MATEO). - TINTAY - AYMARAEES - APURIMAC												
UBICACION:	DIST : TINTAY	PROGRESIVA			06+000	MATERIAL DE BASE							
	PROV: AYMARAEES					Humedad Optima(%)			9.08				
	DPTO: APURIMAC					Densidad Seca Maxima(g/cm3)			1.86				
						95% de la Densidad Seca Máxima			1.77				
DIMENSIONES DE MOLDE				Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	
				15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	
N° DE GOLPES POR CAPA				12			25			56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA				SIN MOJAR	ATURAD	SIN MOJAR	ATURAD	SIN MOJAR	ATURADA	SIN MOJAR	ATURADA		
Peso del molde(gr)				5700		5630		5860		5860			
Volumen de la Muestra(cc)				2110		2280		2190		2190			
Muestra Humeda + Molde(gr)				9750		10150		10315		10315			
Muestra Humeda(gr)				4050		4520		4455		4455			
Densidad Humeda(g/cm3)				1.92		1.98		2.03		2.03			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA				ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	
Peso de la capsula(gr)													
Muestra Humeda + Capsula(gr)				150.30		160.30		169.40		169.40			
Muestra Seca + Capsula(gr)				137.50		146.70		155.00		155.00			
Muestra Seca(gr)				137.50		146.70		155.00		155.00			
Contenido de Agua(gr)				12.80		13.60		14.40		14.40			
Contenido de Humedad(%)				9.31		9.27		9.29		9.29			
Promedio de Contenido de Humedad(%)				9.31		9.27		9.29		9.29			
Densidad Seca(g/cm3)				1.756		1.814		1.861		1.861			
MEDICION DE LA EXPANSION	DIA	HORA	INTERVALO	LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		
					PULGS	%		PULGS	%		PULGS	%	
					0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
					0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
					0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PENETRACION "PULGADAS"			CARG. PATRON "MPa"	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	
				DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56	
0				0	0.00		0	0.00		0	0.00		
0.025				75	1.79		96	2.23		110	2.53		
0.050				96	2.23		118	2.70		162	3.65		
0.075				103	2.38		161	3.63		190	4.26		
0.100			6.90	120	2.75	39.79	181	4.07	58.92	206	4.61	66.66	
0.125				177	3.96		206	4.61		246	5.50		
0.150				226	5.05		315	7.04		285	6.37		
0.200			10.35	280	6.26	60.44	350	7.83	75.67	354	7.92	76.54	
0.300				416	9.33		420	9.43		410	9.20		
0.400													
0.500													



Figura 51 — Resultados del ensayo de CBR + 10L/m³ de aditivo – Calicata 07




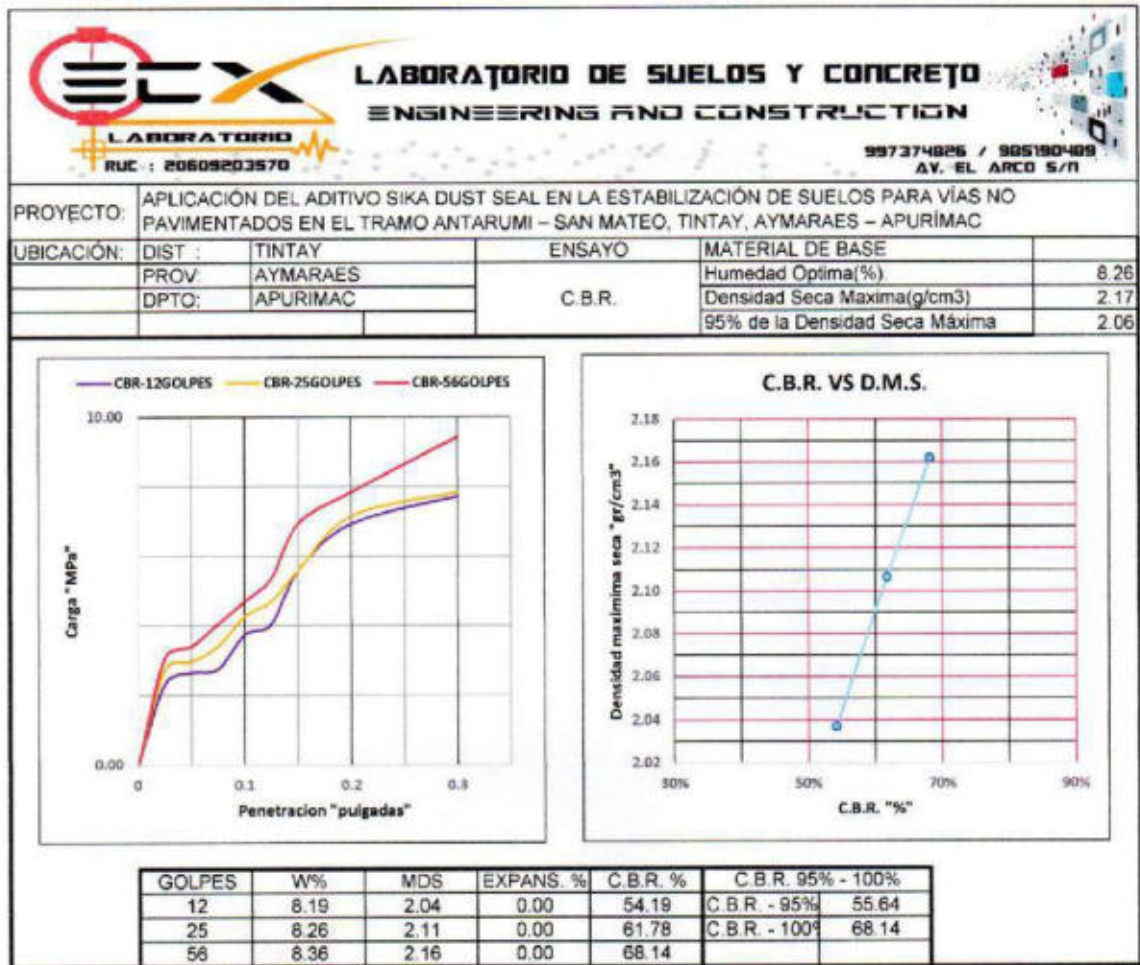
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION 997374826 / 905190489 AV. EL ARCO 5/11														
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) + 10L ADITIVO ASTM 1833 - 73														
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DEL CAMINO VECINAL TRAMO EMP. PE-30A(ANTARUMI) - EMP. AP-588(SAN MATEO). - TINTAY - AYMARAEES - APURIMAC														
UBICACIÓN:			MATERIAL DE BASE											
DIST : TINTAY			Humedad Optima(%)			8.260								
PROV: AYMARAEES			Densidad Seca Maxima(g/cm3)			2.166								
DPTO: APURIMAC			95% de la Densidad Seca Máxim			2.058								
DIMENSIONES DE MOLDE			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area			
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA			12			26			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA		
Peso del molde(gr).			5700			5630			5900					
Volumen de la Muestra(cc).			2110			2280			2190					
Muestra Humeda + Molde(gr).			10350			10830			10990					
Muestra Humeda(gr).			4650			5200			5130					
Densidad Humeda(g/cm3).			2.20			2.28			2.34					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA			
Peso de la capsula(gr).														
Muestra Humeda + Capsula(gr).			151.47			162.50			184.10					
Muestra Seca+ Capsula(gr).			140.00			150.10			169.90					
Muestra Seca(gr).			140.00			150.10			169.90					
Contenido de Agua(gr)			11.47			12.40			14.20					
Contenido de Humedad(%)			8.19			8.26			8.36					
Promedio de Contenido de Humedad(%)			8.19			8.26			8.36					
Densidad Seca(g/cm3).			2.037			2.107			2.162					
	DIA	HORA	INTERVALO (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN			
					PULGS	%		PULGS	%		PULGS	%		
MEDICION DE LA EXPANSION					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		
PENETRACION "PULGADAS"			CARG. PATRO	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR		
				DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56		
			0	0	0.00		0	0.00		0	0.00			
			0.025	100	2.32		120	2.75		135	3.07			
			0.050	115	2.64		130	2.96		150	3.39			
			0.075	120	2.75		150	3.39		180	4.04			
			0.100	6.90	166	3.74	54.19	190	4.26	61.78	210	4.70	68.14	
			0.125		180	4.04		210	4.70		240	5.35		
			0.150		250	5.59		250	5.59		310	6.93		
			0.200	10.35	310	8.93	66.94	320	7.15	69.12	350	7.85	75.67	
			0.300		345	7.72		350	7.83		420	9.43		



Figura 52 — Resultados del ensayo de CBR + 10L/m³ de aditivo – Calicata 10






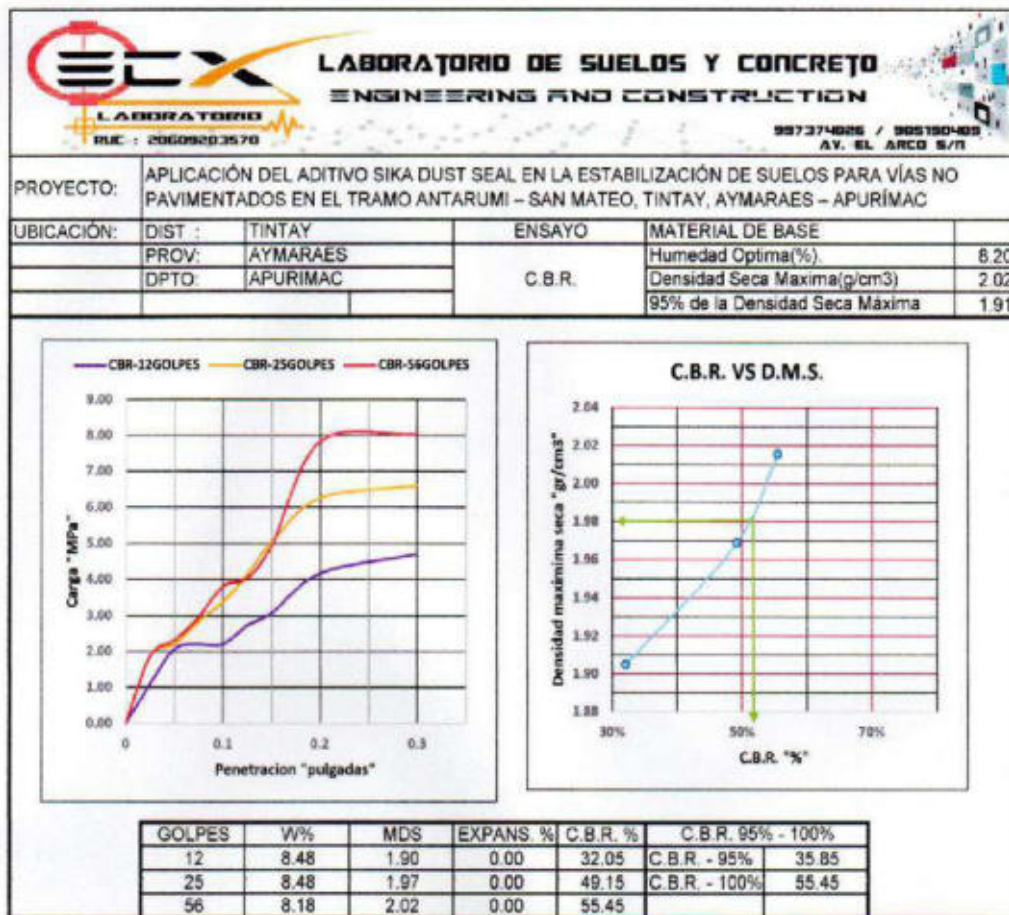
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 20609203570													
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR). + 15 L ADITIVO													
ASTM 1633 - 73													
PROYECTO: APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADAS EN EL TRAMO ANTARUMI – SAN MATEO, TINTAY, AYMARAEES – APURÍMAC													
UBICACIÓN:	DIST :	TINTAY	PROGRESIVA			00+000			MATERIAL DE BASE				
	PROV:	AYMARAEES							Humedad Óptima(%).			8.20	
	ÓPTO:	APURÍMAC							Densidad Seca Máxima(g/cm ³)			2.02	
									95% de la Densidad Seca Máxima			1.91	
DIMENSIONES DE MOLDE		Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area			
		15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA		12			25			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA		
Peso del molde(gr)		5700			5630			5860					
Volumen de la Muestra(cc)		2110			2280			2190					
Muestra Humeda + Molde(gr)		10060			10500			10635					
Muestra Humeda(gr)		4360			4870			4775					
Densidad Humeda(g/cm ³)		2.07			2.14			2.18					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA		ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA			
Peso de la capsula(gr)													
Muestra Humeda + Capsula(gr)		170.20			162.40			169.30					
Muestra Seca+ Capsula(gr)		156.90			149.70			156.50					
Muestra Seca(gr)		156.90			149.70			156.50					
Contenido de Agua(gr)		13.30			12.70			12.80					
Contenido de Humedad(%)		8.48			8.48			8.18					
Promedio de Contenido de Humedad(%)		8.48			8.48			8.18					
Densidad Seca(g/cm ³)		1.905			1.969			2.016					
MEDICION DE LA EXPANSION	DIA	HORA	INTER VALO	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	
	1.00	13:05	0.00										
	2.00	13:02	1.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	3.00	13:10	2.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	4.00	13:04	3.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	5.00	12:58	4.00		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
PENETRACION "PULGADAS"		CARG. PATR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR	FACTOR CARGA		CBR		
	0		DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56		
	0.025		0	0.00		0	0.00		0	0.00			
	0.050		43	1.11		80	1.89		80	1.89			
	0.075		89	2.08		95	2.21		100	2.32			
	0.100	6.90	95	2.21	32.05	125	2.85		130	2.96			
	0.125		95	2.21		150	3.39	49.15	170	3.83	55.45		
	0.150		120	2.75		185	4.15		180	4.04			
	0.200		135	3.07		226	5.03		220	4.92			
	0.300	10.35	186	4.17	40.34	280	6.26	60.44	350	7.83	75.67		
			210	4.70		295	6.59		359	8.04			



Figura 53 — Resultados del ensayo de CBR + 15L/m³ de aditivo – Calicata 01






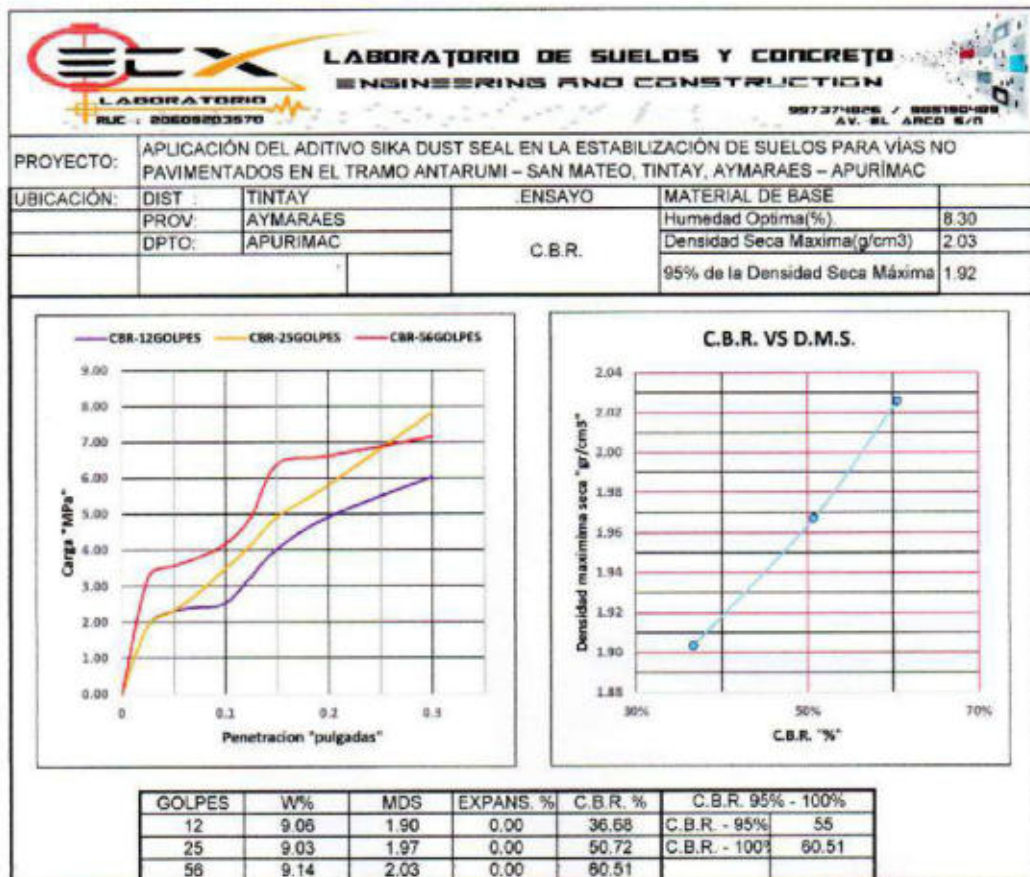
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 20609203570																	
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR). + 15 L ADITIVO ASTM 1833 - 73																	
PROYECTO: APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA VÍAS NO PAVIMENTADAS EN EL TRAMO ANTARUMI - SAN MATEO, TINTAY, AYMARAES - APURIMAC																	
UBICACIÓN: DIST : TINTAY MATERIAL DE BASE PROV: AYMARAES PROGRESIVA 93+000 Humedad Optima(%). 8.30 DPTO: APURIMAC Densidad Seca Maxima(g/cm3) 2.03 95% de la Densidad Seca Máxima 1.92																	
DIMENSIONES DE MOLDE																	
			Diametro	Altura	Área	Diametro	Altura	Área	Diametro	Altura	Área						
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42						
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56								
CONDICIONES DE LA MUESTRA																	
SIN MOJAR ATURAC SIN MOJAR ATURAC SIN MOJAR SATURADA																	
Peso del molde(gr).			5700			5630			5860								
Volumen de la Muestra(cc).			2110			2280			2190								
Muestra Humeda + Molde(gr).			10080			10520			10702								
Muestra Humeda(gr).			4380			4890			4842								
Densidad Humeda(g/cm3).			2.08			2.14			2.21								
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA																	
ABAJO			ARRIBA			ARRIBA			ARRIBA								
Peso de la capsula(gr).			146.90			158.20			173.20								
Muestra Humeda + Capsula(gr).			134.70			145.10			158.70								
Muestra Seca+ Capsula(gr).			134.70			145.10			158.70								
Contenido de Agua(gr)			12.20			13.10			14.50								
Contenido de Humedad(%)			9.06			9.03			9.14								
Promedio de Contenido de Humedad(%)			9.06			9.03			9.14								
Densidad Seca(g/cm3).			1.903			1.967			2.026								
MEDICION DE LA EXPANSION																	
DIA		HORA		INTERVALO (DIAS)		LECT. DEFOR.		EXPANSION PULGS %		LECT. DEFOR.		EXPANSION PULGS %		LECT. DEFOR.		EXPANSION PULGS %	
								0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000	
								0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000	
								0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000		0.0000 0.0000	
PENETRACION "PULGADAS"																	
		CARG. PATRON		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR			
				DIAL MPa		12		DIAL MPa		25		DIAL MPa		56			
0				0 0.00				0 0.00				0 0.00					
0.025				80 1.89				60 1.89				143 3.24					
0.050				100 2.32				100 2.32				158 3.57					
0.075				105 2.42				125 2.85				170 3.83					
0.100		6.90		110 2.53		36.68		155 3.50		50.72		186 4.17		60.51			
0.125				145 3.28				185 4.15				220 4.92					
0.150				180 4.04				220 4.92				266 6.39					
0.200		10.35		220 4.92		47.55		250 5.81		56.12		296 6.61		63.90			
0.300				270 6.03				350 7.83				320 7.15					
0.400																	
0.500																	



Figura 54 — Resultados del ensayo de CBR + 15L/m³ de aditivo – Calicata 04






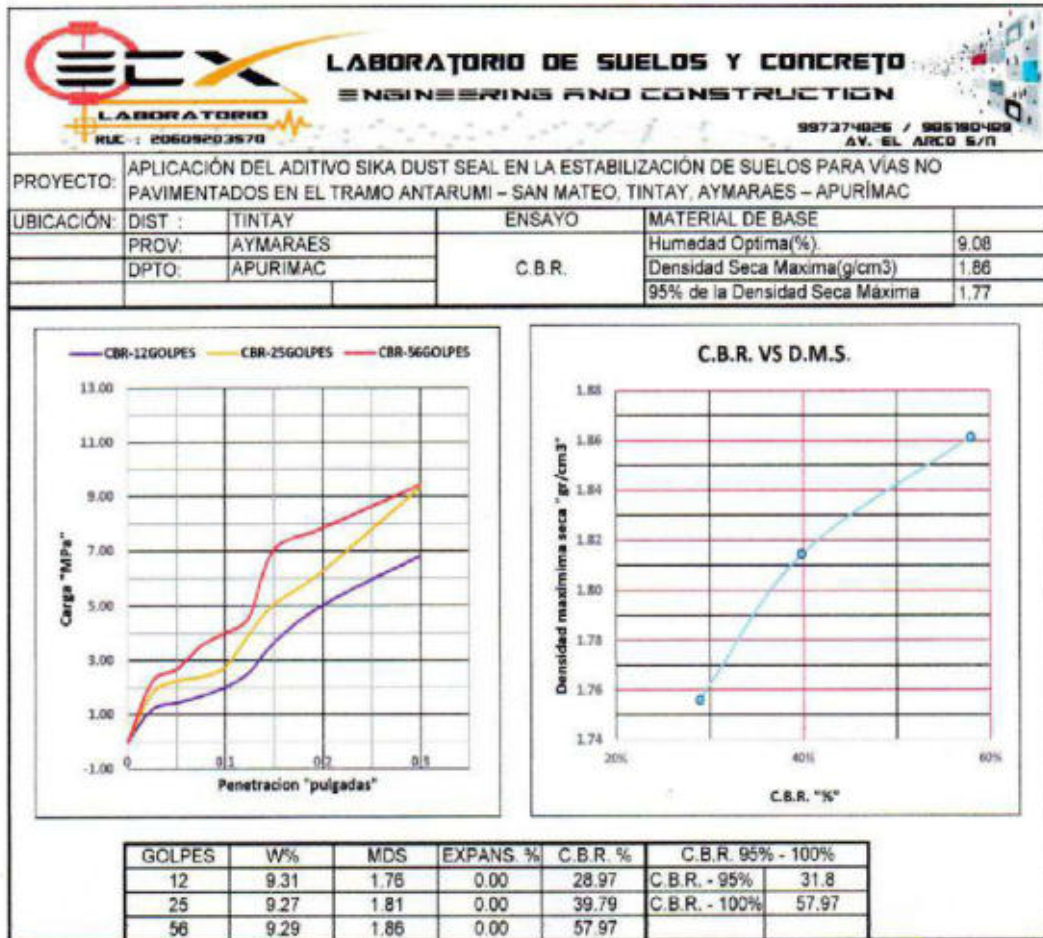
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION <small>997374826 / 905180408</small> <small>AV. EL ARCO 5/1</small>												
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR). + 15 L ADITIVO ASTM 1833 - 73												
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL TRAMO EMP. PE-30A(ANTARUMI) - EMP. AP-588(SAN MATEO), - TINTAY - AYMARAES - APURIMAC												
UBICACION:			MATERIAL DE BASE									
DIST :	TINTAY					Humedad Optima(%)			9.08			
PROV:	AYMARAES	PROGRESIVA	06+000	Densidad Seca Maxima(g/cm3)			1.86					
DPTO:	APURIMAC			95% de la Densidad Seca Maxima			1.77					
DIMENSIONES DE MOLDE			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR	ATURAD.	SIN MOJAR	ATURAD.	SIN MOJAR	SATURADA				
Peso del molde(gr).			5700		5630		5860					
Volumen de la Muestra(cc).			2110		2280		2190					
Muestra Humeda + Molde(gr).			9750		10150		10315					
Muestra Humeda(gr).			4050		4520		4455					
Densidad Humeda(g/cm3).			1.92		1.98		2.03					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ARRIBA	
Peso de la capsula(gr).												
Muestra Humeda + Capsula(gr).			150.30		180.30		169.40					
Muestra Seca+ Capsula(gr).			137.50		146.70		155.00					
Muestra Seca(gr).			137.50		146.70		155.00					
Contenido de Agua(gr)			12.80		13.80		14.40					
Contenido de Humedad(%)			9.31		9.27		9.29					
Promedio de Contenido de Humedad(%)			9.31			9.27			9.29			
Densidad Seca(g/cm3).			1.756			1.814			1.861			
MEDICION DE LA EXPANSION	DIA	HORA	INTERVALO	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
PENETRACION "PULGADAS"			CARG. PATRON "MPa"	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR			
				DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56
0				0	0.00		0	0.00		0	0.00	
0.025				47	1.20		75	1.79		95	2.21	
0.050				58	1.43		96	2.23		116	2.66	
0.075				70	1.68		103	2.38		157	3.54	
0.100			6.90	85	2.00	28.97	120	2.75	39.79	178	4.00	57.97
0.125				111	2.55		177	3.98		206	4.61	
0.150				162	3.65		226	5.05		315	7.04	
0.200			10.35	225	5.03	48.62	280	6.26	60.44	350	7.83	75.67
0.300				305	6.62		416	9.33		420	9.43	
0.400												
0.500												



Figura 55 — Resultados del ensayo de CBR + 15L/m³ de aditivo – Calicata 07




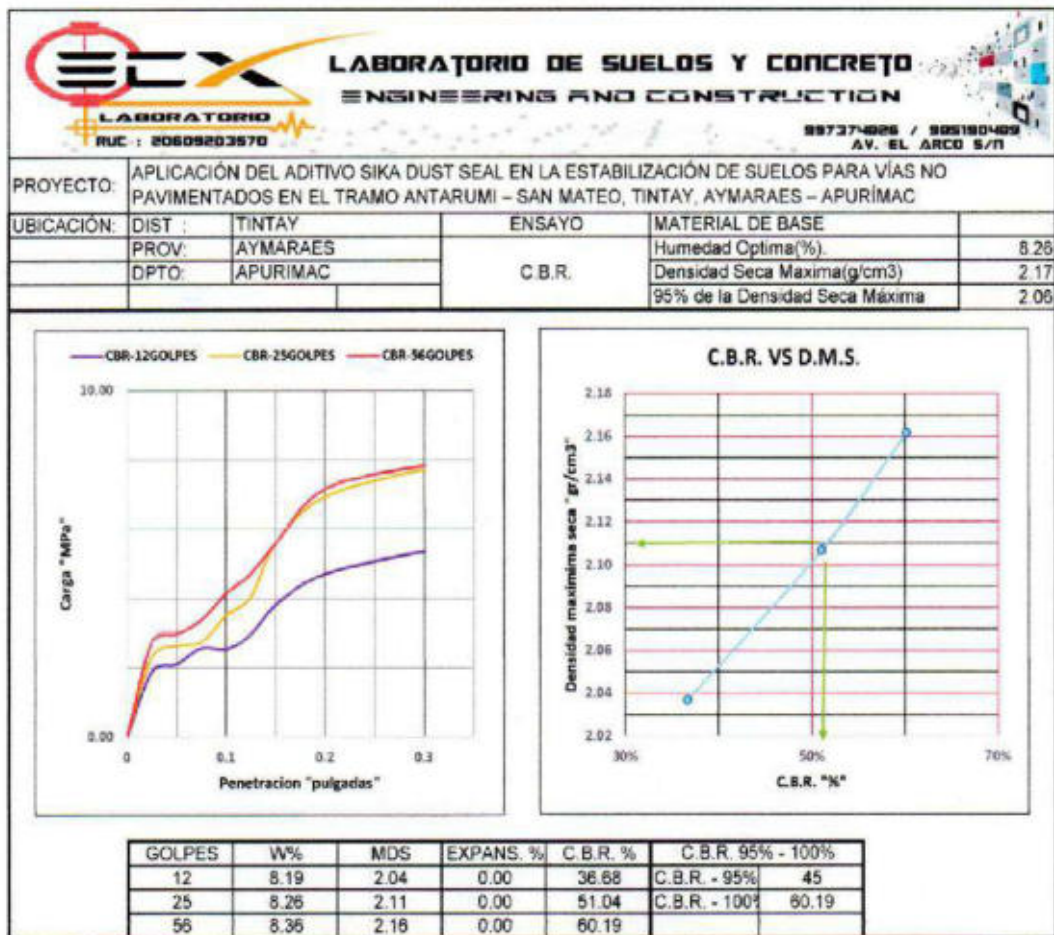
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ENGINEERING AND CONSTRUCTION RUC : 20609203570														
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES														
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR). + 15 L ADITIVO														
ASTM 1833 - 73														
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL TRAMO EMP. PE-30A(ANTARUMI) - EMP. AP-588(SAN MATEO). - TINTAY - AYMARAEES - APURIMAC														
UBICACION: DIST : TINTAY MATERIAL DE BASE														
PROV: AYMARAEES PROGRESIVA 09+000 Humedad Optima(%) 8.260														
DPTO: APURIMAC Densidad Seca Maxima(g/cm3) 2.166														
95% de la Densidad Seca Maxima 2.058														
DIMENSIONES DE MOLDE														
			Diametro			Altura			Area					
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA														
			12			25			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA														
			SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA		
Peso del molde(gr).			5700			5630			5860					
Volumen de la Muestra(cc).			2110			2280			2190					
Muestra Humeda + Molde(gr).			10350			10830			10990					
Muestra Humeda(gr).			4650			5200			5130					
Densidad Humeda(g/cm3).			2.20			2.28			2.34					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA														
			ABAJO			ARRIBA			ARRIBA			ARRIBA		
Peso de la capsula(gr).														
Muestra Humeda + Capsula(gr).			151.47			182.50			184.10					
Muestra Seca+ Capsula(gr).			140.00			150.10			169.90					
Muestra Seca(gr).			140.00			150.10			169.90					
Contenido de Agua(gr)			11.47			12.40			14.20					
Contenido de Humedad(%)			8.19			8.26			8.36					
Promedio de Contenido de Humedad(%)			8.19			8.26			8.36					
Densidad Seca(g/cm3).			2.037			2.107			2.182					
MEDICION DE LA EXPANSION														
	DIA	HORA	INTERVALO (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION		LECT. DEFOR.	EXPANSION			
					PULGS	%		PULGS	%		PULGS	%		
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		
					0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		
PENETRACION "PULGADAS"														
	CARG. PATRO	FACTOR CARGA			FACTOR CARGA			FACTOR CARGA			FACTOR CARGA			
		DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56				
ENSAYO DE PENETRACION	0	0	0.00		0	0.00		0	0.00					
	0.025		80	1.89		100	2.32		120	2.75				
	0.050		90	2.10		115	2.64		130	2.98				
	0.075		112	2.57		120	2.75		150	3.39				
	0.100	6.90	110	2.53	36.88	156	3.52	51.04	185	4.15	60.19			
	0.125		130	2.96		180	4.04		210	4.70				
	0.150		170	3.83		250	5.59		250	5.59				
	0.200	10.35	210	4.70	45.43	310	6.93	66.94	320	7.15	69.12			
0.300		240	5.38		345	7.72		350	7.83					



Figura 56 — Resultados del ensayo de CBR + 15L/m³ de aditivo – Calicata 10





ANEXO 4: Certificados de calibración de equipos



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-728-2022

Página 1 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2022/09/16

Solicitante ECX - INGENIEROS E.I.R.L.

Dirección JR. LOS LIRIOS NRO. 5N URB. PATIBAMBA BAJA
APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación NO INDICA

Intervalo de indicación 30000 g

División de escala 1 g

Resolución

División de verificación (e) 1 g

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo R21P30

N° de serie 8390110628

Procedencia ESTADOS UNIDOS

Ubicación LABORATORIO DE SUELOS

Lugar de calibración LOBORATORIO DE ARSOU GROUP S.A.C.

Fecha de calibración 2022/09/16

Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Castro
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vv. Las Flores de San Diego Mz C lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-728-2022

Página 2 de 3

Arso Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1226-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1227-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1228-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1229-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1230-MPES-C-2022

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 17 °C	Final: 17 °C
Humedad Relativa	Inicial: 71 %hr	Final: 71 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	14997	0.07	-0.12	3000	0.05	-0.1
2	14998	0.07	-0.15	29999	0.04	-0.12
3	14997	0.04	-0.12	30000	0.05	-0.13
4	14998	0.02	-0.11	30000	0.04	-0.1
5	14998	0.06	-0.11	30000	0.03	-0.11
6	14997	0.07	-0.11	29999	0.05	-0.11
7	14998	0.06	-0.11	30000	0.04	-0.11
8	14999	0.06	-0.12	29999	0.05	-0.1
9	14999	0.09	-0.12	29999	0.04	-0.11
10	15001	0.08	-0.1	30000	0.05	-0.11

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
15001	0	1
30000	0	5



ARSOU GROUP S.A.C.

 Ingrid Liza Arevalo Carnic
 METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
 Telf: +51 901-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cal: +51 925 151 437
 ventas@arsougroup.com
 www.arsougroup.com





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-728-2022

Página 3 de 3

Arso Group

Laboratorio de Metrología

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0.04	-0.06	500	500	0.07	-0.02	0.07
2		1	0.05	-0.01		500	0.07	-0.02	0
3		1	0.03	0		500	0.05	-0.01	-0.03
4		1	0.02	0.01		500	0.07	0.04	0.05
5		1	0.07	-0.02		499	0.07	0.19	0.21

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	1	1	-0.02						1
5	10	10	0.01	0.01	10	0.04	0.01	0.03	1
10	50	50	-0.01	0.01	50	0.04	-0.03	-0.05	1
50	100	100	0.00	0	100	0.02	-0.07	-0.05	1
100	200	200	0.00	0	200	0.06	-0.04	0.01	1
500	500	500	0.01	0.01	500	0.06	-0.01	0.00	1
1000	1000	1000	-0.02	0.02	1000	0.05	0.00	0.02	1
5000	5000	4999	-0.05	0.03	4999	0.06	-0.18	-0.02	1
10000	10000	9999	0.01	0.01	4999	0.15	0.21	0.11	5
15000	15000	14998	0.09	0.03	14999	0.05	-0.12	-0.01	5
30000	30000	30000	0.15	0.18	30000	0.05	-0.18	-0.15	5

Incertidumbre de la medición: 1 g

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición $U_n = 2 \cdot \sqrt{0.43325 \text{ g}^2 + 0.000000010841 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida $R_{\text{corregida}} = R + 0.938558532 \text{ R}$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego M2 C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Tel: +51 901-1680 / Cel: +51 928 296 793 / Fax: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

[Signature]
Ing. Hugo Luis Inévalo Carrón
Métrico





Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LFP-123-2022

Página 1 de 3

Fecha de emisión	2022/09/16
Solicitante	ECX - INGENIEROS E.I.R.L.
Dirección	JR. LOS LIRIOS NRO. SN URB. PATIBAMBA BAJA APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY
Instrumento de medición	PRENSA CBR
Identificación	NO INDICA
Marca Prensa	ARSOU
Modelo	PR401
Serie	CBR-01
Celda de Carga	ANYLOAD
Modelo	NO INDICA
Capacidad	5000 kgf
Indicador	DIGITAL
Modelo	DD-KC1
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS
Lugar de calibración	LABORATORIO DE ARSOU GROUP S.A.C.
Fecha de calibración	2022/09/16

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Cárnic
METROLOGÍA

